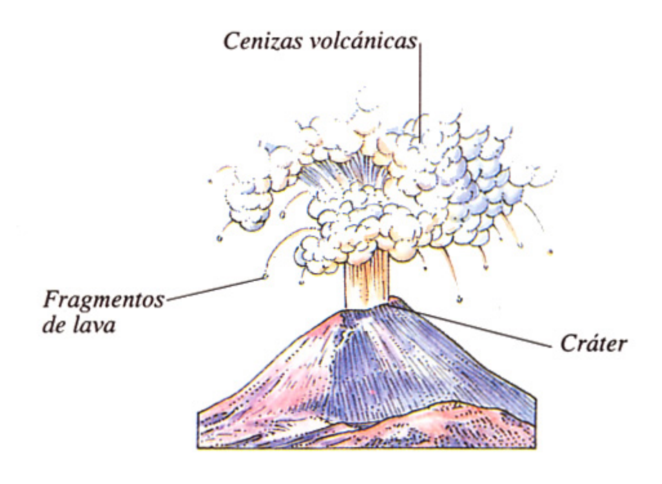
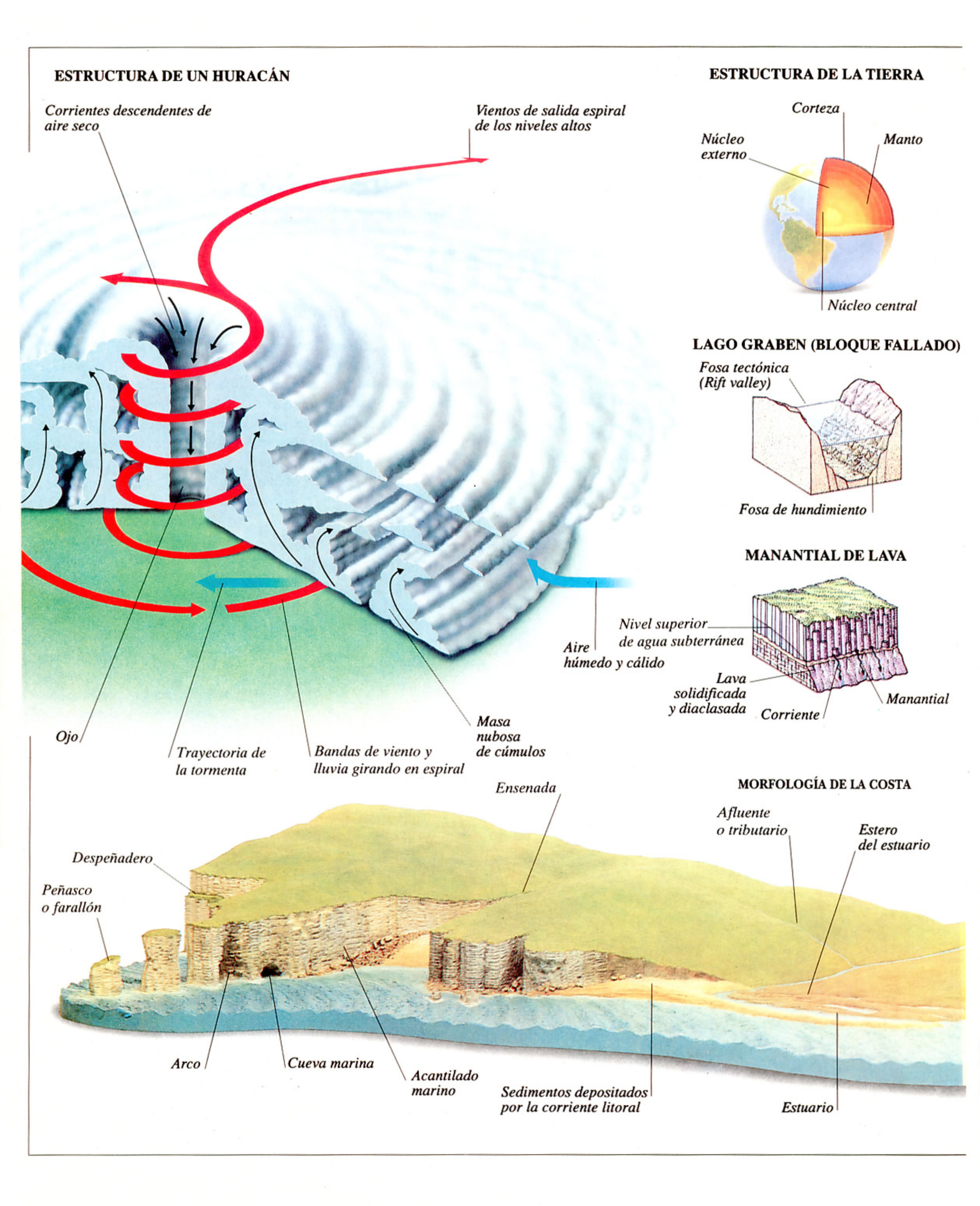
ENCICLOPEDIA VISUAL

TIERRA

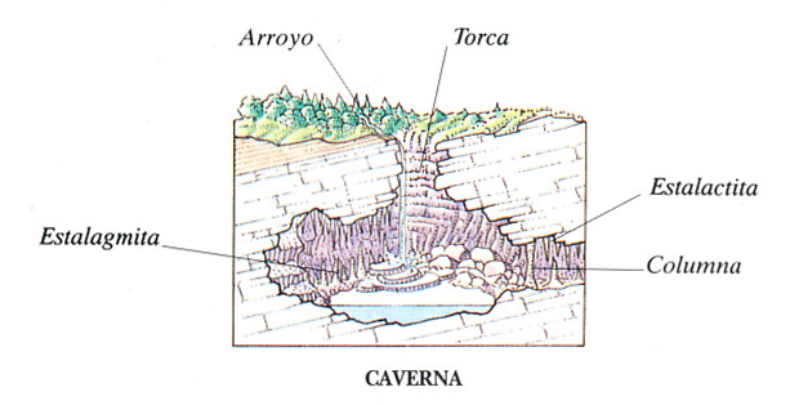


VOLCÁN ACTIVO

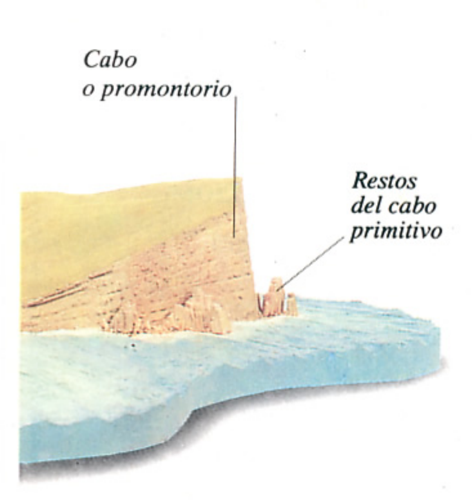

ESTRUCTURA DE UN HURACÁN
Corrientes descendentes de aire seco
Vientos de salida espiral de los niveles altos
Aire húmedo y cálido
Ojo
Trayectoria de la tormenta
Bandas de viento y lluvia girando en espiral
Masa nubosa de cúmulos
ESTRUCTURA DE LA TIERRA
Corteza
Núcleo externo
Manto
Núcleo central
LAGO GRABEN (BLOQUE FALLADO)
Fosa tectónica (Rift valley)
Fosa de hundimiento
MANANTIAL DE LAVA
Nivel superior de agua subterránea
Lava solidificada y diaclasada
Corriente
Manantial
MORFOLOGÍA DE LA COSTA
Ensenada
Afluente o tributario
Estero del estuario
Despeñadero
Peñasco o farallón
Arco
Cueva marina
Acantilado marino
Sedimentos depositados por la corriente litoral
Estuario

ENCICLOPEDIA VISUAL

TIERRA



CAVERNA



AMEREIDA





MONTAÑA

Onda Rossby





FORMACIÓN DE LA ONDA ROSSBY EN EL FRENTE POLAR

El vapor de agua forma nubes

El agua del mar se evapora

El río desemboca en el mar

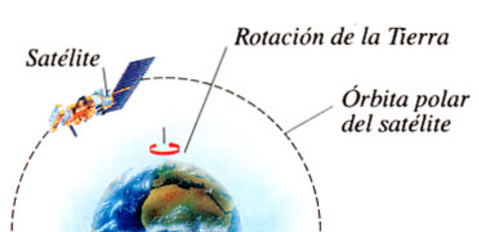
Título original: *The Visual Dictionary of the Earth.*

Publicado originalmente en Gran Bretaña en 1991
por Dorling Kindersley Limited, 9 Henrietta Street,
London WC2E 8PS.

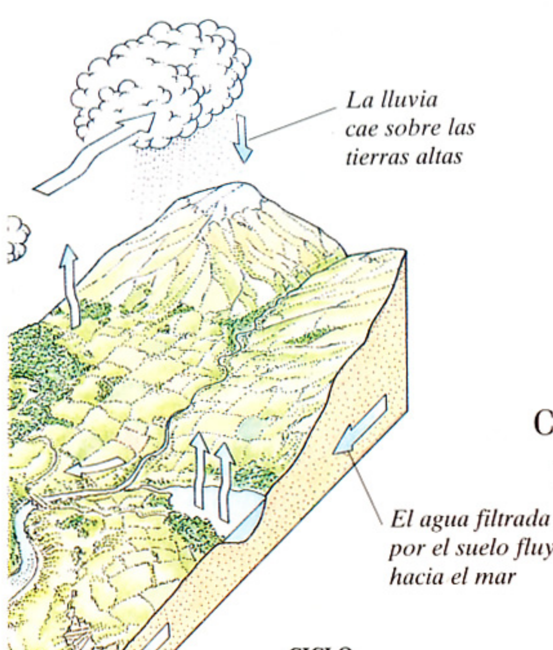
1996

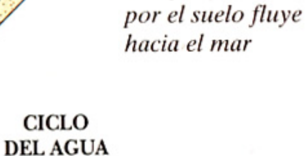
Co-Edición EDITORIAL AMEREIDA S.A.
ERNESTO PINTO LAGARRIGE 148
SANTIAGO-CHILE
TELÉFONO (562) 7371905 - FAX (562) 7359451

Sumario



MAPEO TERRESTRE POR MEDIO DE UN SATÉLITE

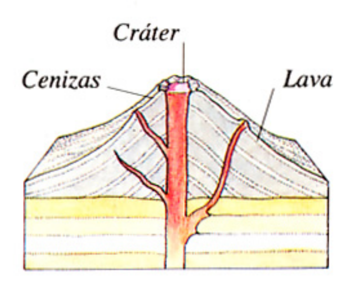




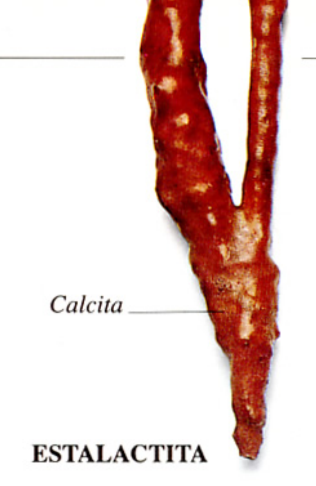
CICLO DEL AGUA



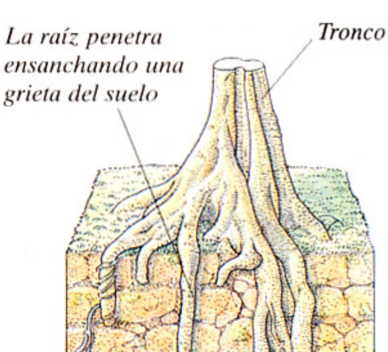
PAVLOVIA (MOLUSCO AMMONITE)



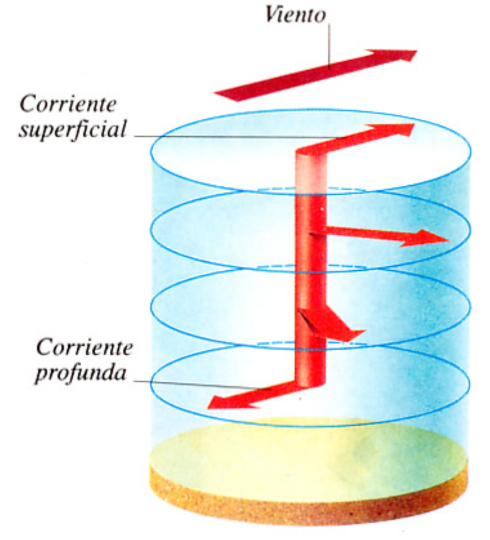
VOLCÁN COMPUESTO *(Tipo Étneo)*



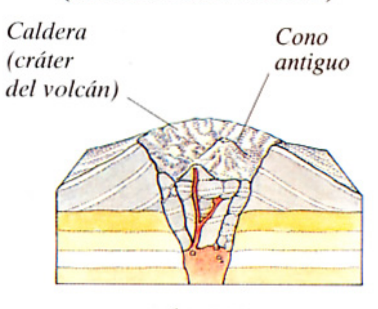
ESTALACTITA



ACCIÓN DE UNA RAÍZ



ESPIRAL DE EKMAN (HEMISFERIO NORTE)



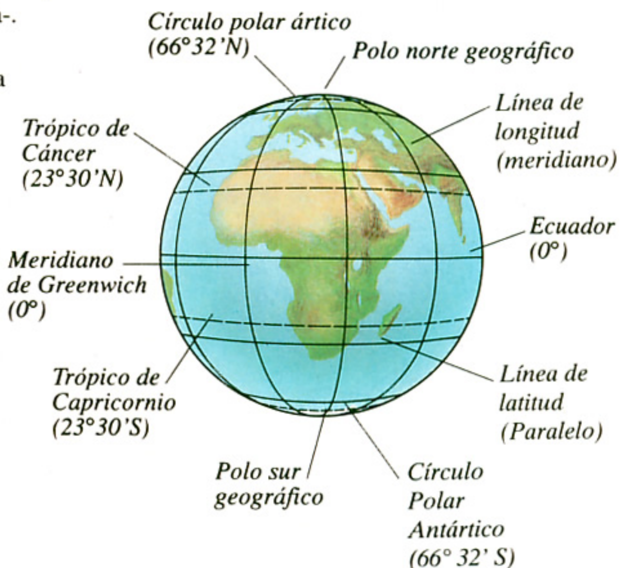
VOLCÁN EN CALDERA *(Tipo Hawaiano)*

El planeta Tierra



La Tierra es uno de los nueve planetas que dan vueltas alrededor del Sol, que es sólo una entre los 100.000 millones de estrellas que existen aproximadamente, en nuestra galaxia -la Vía Láctea-. La Tierra es el único planeta habitado por seres vivos que conocemos, hecho que es posible gracias a que se encuentra a una correcta distancia del Sol. Si estuviera más cerca, sería demasiado calurosa para permitir la vida, y si estuviera más lejos, sería demasiado fría. Además, la Tierra es el único planeta que conocemos que posee grandes cantidades de agua. Su atmósfera filtra la radiación nociva del Sol y protege al planeta del impacto de los meteoritos. La Tierra está formada por cuatro capas o estratos principales: un núcleo central, otro externo, el manto y la corteza. El centro del planeta está formado por el núcleo interno sólido, a una temperatura cercana a los 4.000 ° C. El calor del núcleo central provoca que los materiales fundidos del núcleo externo y del manto circulen en corrientes de convección. Se piensa que esas corrientes de convección generan el campo magnético de la Tierra, que se extiende hacia el espacio formando la magnetósfera.

SISTEMA DE COORDENADAS TERRESTRES



EMPLAZAMIENTO DE LA TIERRA EN EL SISTEMA SOLAR

Mercurio (distancia media del Sol 57.900.000 km.)

Venus (distancia media del Sol 108.200.000 km.)

Júpiter (distancia media del Sol 778.300.000 km.)

Saturno (distancia media del Sol 1.427.000.000 km.)

Urano (distancia media del Sol 2.869.600.000 km.)

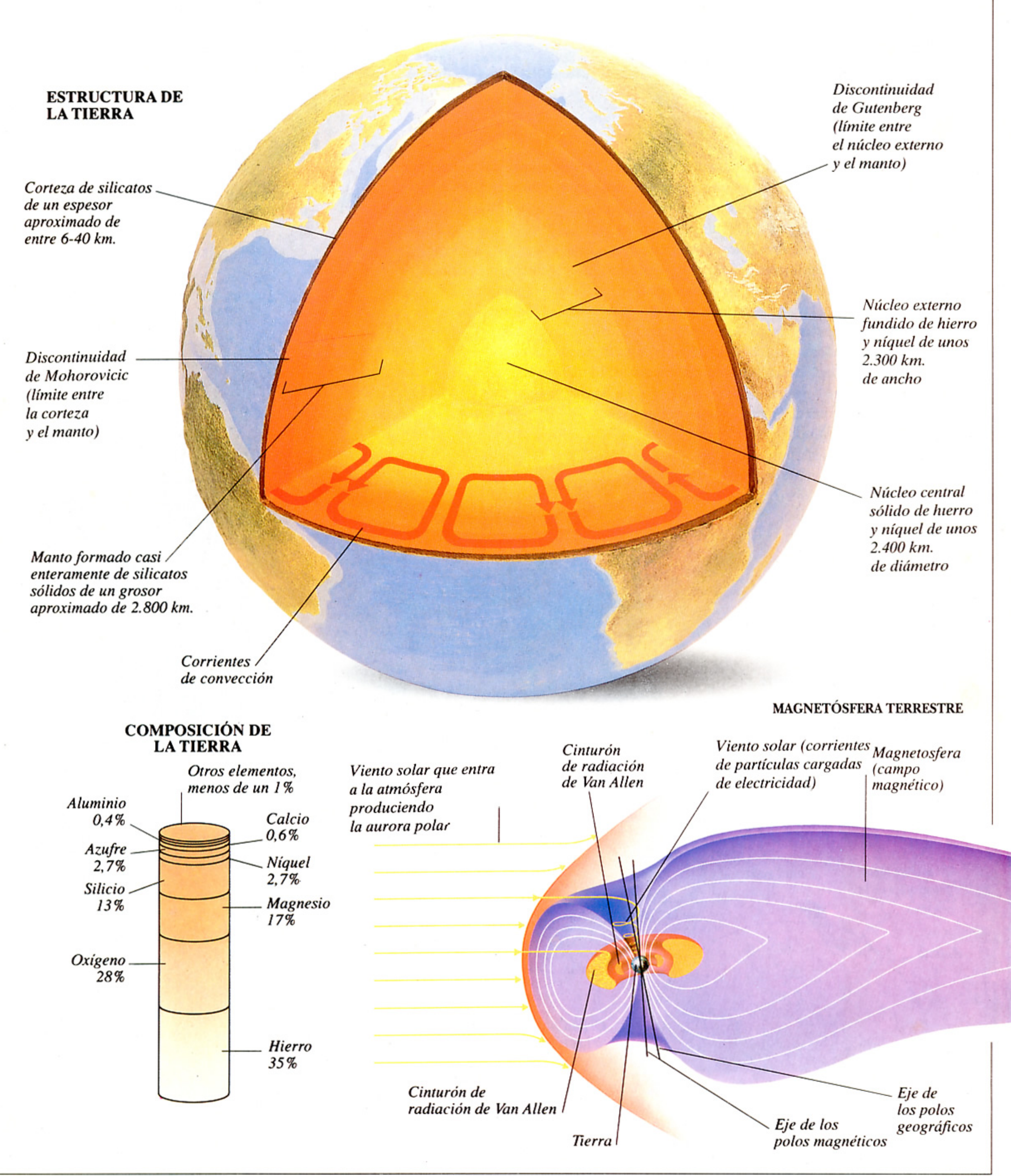
Plutón (distancia media del Sol 5.900.000.000 km.)

Neptuno (distancia media del Sol 4.496.600.000 km.)

Marte (distancia media del Sol 227.900.000 km.)

Sol

Tierra (distancia media del Sol 149.600.000 km.)


ESTRUCTURA DE LA TIERRA
Corteza de silicatos de un espesor aproximado de entre 6-40 km.
Discontinuidad de Gutenberg (límite entre el núcleo externo y el manto)
Discontinuidad de Mohorovicic (límite entre la corteza y el manto)
Núcleo externo fundido de hierro y níquel de unos 2.300 km. de ancho
Núcleo central sólido de hierro y níquel de unos 2.400 km. de diámetro
Manto formado casi enteramente de silicatos sólidos de un grosor aproximado de 2.800 km.
Corrientes de convección
COMPOSICIÓN DE LA TIERRA
Otros elementos, menos de un 1%
Aluminio 0,4%
Calcio 0,6%
Azufre 2,7%
Níquel 2,7%
Silicio 13%
Magnesio 17%
Oxígeno 28%
Hierro 35%
MAGNETÓSFERA TERRESTRE
Viento solar que entra a la atmósfera produciendo la aurora polar
Cinturón de radiación de Van Allen
Viento solar (corrientes de partículas cargadas de electricidad)
Magnetosfera (campo magnético)
Cinturón de radiación de Van Allen
Tierra
Eje de los polos magnéticos
Eje de los polos geográficos

Elementos físicos de la Tierra

LA MAYOR PARTE DE LA SUPERFICIE TERRESTRE (cerca del 70 por ciento) está cubierta por agua. Sólo el Océano Pacífico, la superficie más grande de agua, cubre cerca del 30 por ciento del total. La mayor parte de las tierras está distribuida en siete continentes que son (de mayor a menor) Asia, África, América del Norte, América del Sur, Antártica, Europa y Oceanía, y en multitud de islas. El aspecto físico de las tierras varía enormemente. Entre los rasgos mas notables están las cordilleras, los ríos y los desiertos. Las cordilleras más largas -los Himalaya, en Asia y los Andes, en Sudamérica- se extienden por miles de kilómetros. En los Himalaya está el monte más alto de la Tierra, el Everest (8.848 metros). Los ríos más largos son el Nilo, en África (6.695 kilómetros) y el Amazonas en Sudamérica (6.437 kilómetros). Los desiertos cubren cerca del 20 por ciento del total de las tierras emergidas. El más grande es el Sahara, que cubre cerca de un tercio de África. Las variaciones del relieve terrestre se pueden representar de varias formas, pero sólo mediante un globo se representarán correctamente superficies, formas, tamaños y direcciones, ya que siempre se producen distorsiones cuando una superficie esférica -como la Tierra, por ejemplo- se proyecta sobre la superficie plana de un mapa. Cada superficie proyectada en un mapa muestra con gran precisión algunos aspectos, pero distorsiona otros. Incluso los exactos mapeos satelitales no son completamente fieles, aunque sí pueden mostrar elementos físicos con gran claridad.

EJEMPLOS DE PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

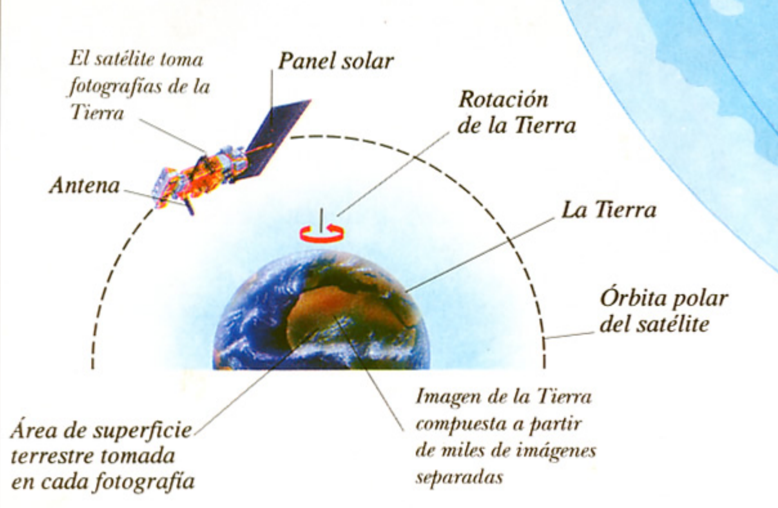


PROYECCIÓN CILÍNDRICA

CARTOGRAFÍA CILÍNDRICA




SATÉLITE CARTOGRAFIANDO LA TIERRA



PROYECCIÓN CÓNICA

CARTOGRAFÍA CÓNICA

PROYECCIÓN CENITAL

CARTOGRAFÍA CENITAL

CARTOGRAFÍA CENITAL MODIFICADA

MAPA SATELITAL DE LA TIERRA

40° 0° 40° 80° 120° 160° 180°

OCÉANO ÁRTICO
Mar del Aral
Cárpatos
Alpes
Pirineos
Cáucaso
Montes Urales
Kara Kum (Mar de Kara)
Río Obi-Irtish
Río Lena
CÍRCULO POLAR ÁRTICO (66°32'N)
Río Amur
Lago Baikal
Mar del Japón
Honshu (Hondo)
Desierto del Gobi
Río Amarillo (Hoang-Ho)
Río Yangtse Kiang
ASIA
EUROPA
Mar Negro
Mar Mediterráneo
Atlas
Desierto del Sahara
ÁFRICA
Mar Rojo
Pamir
Mar Caspio
Desierto del Thar
Himalaya
Mar del sur de China
Río Mekong
Borneo
Nueva Guinea
Desierto de Arabia
Desierto de Takia Makan
Río Nilo
Río Congo (Zaire)
Lago Victoria
Lago Tanganica
Sumatra
TRÓPICO DE CÁNCER (23°30'N)
OCÉANO PACÍFICO
ECUADOR (0°)
OCÉANO ÍNDICO
Desierto de Australia
AUSTRALIA
Madagascar
Desierto de Namibia
Lago Niasa
TRÓPICO DE CAPRICORNIO (23°30'S)
Desierto de Kalahari
Drakensberg
Nueva Zelanda
CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO (66°32'S)
ANTÁRTIDA

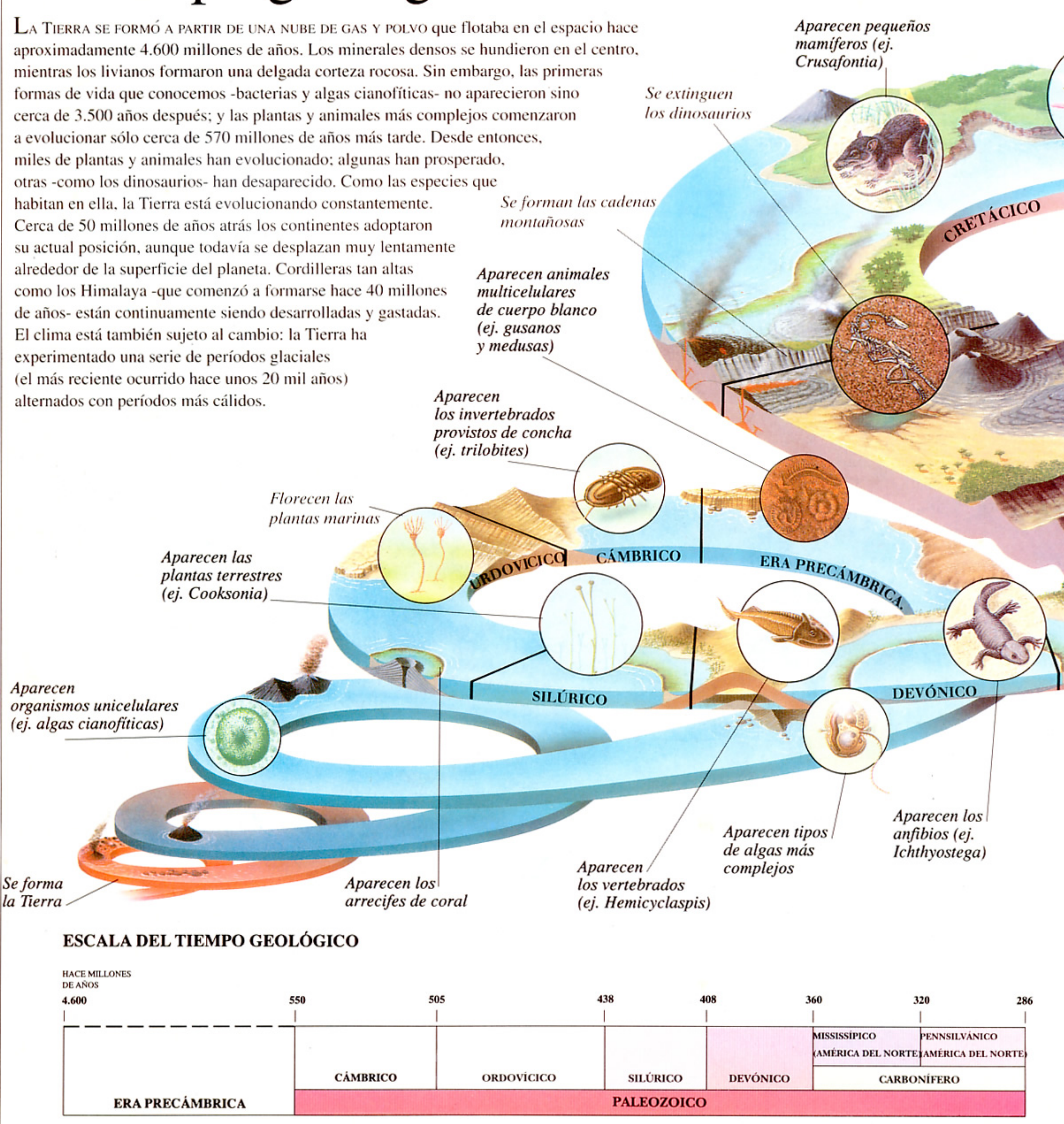
40° 0° 40° 80° 120° 160° 180°

MERIDIANO DE GREENWICH

ESTE DEL MERIDIANO DE GREENWICH

El tiempo geológico

La Tierra se formó a partir de una nube de gas y polvo que flotaba en el espacio hace aproximadamente 4.600 millones de años. Los minerales densos se hundieron en el centro, mientras los livianos formaron una delgada corteza rocosa. Sin embargo, las primeras formas de vida que conocemos -bacterias y algas cianofíticas- no aparecieron sino cerca de 3.500 años después; y las plantas y animales más complejos comenzaron a evolucionar sólo cerca de 570 millones de años más tarde. Desde entonces, miles de plantas y animales han evolucionado; algunas han prosperado, otras -como los dinosaurios- han desaparecido. Como las especies que habitan en ella, la Tierra está evolucionando constantemente. Cerca de 50 millones de años atrás los continentes adoptaron su actual posición, aunque todavía se desplazan muy lentamente alrededor de la superficie del planeta. Cordilleras tan altas como los Himalaya -que comenzó a formarse hace 40 millones de años- están continuamente siendo desarrolladas y gastadas. El clima está también sujeto al cambio: la Tierra ha experimentado una serie de períodos glaciales (el más reciente ocurrido hace unos 20 mil años) alternados con períodos más cálidos.



Aparecen las aves (ej. Archaeopteryx)

Apogeo de los dinosaurios

Aparecen los reptiles marinos (ej. Mixosauros)

JURÁSICO

TRIÁSICO

Aparecen las plantas con flor (ej. Magnolia)

Se forman depósitos de gas y petróleo

Se empieza a formar el Himalaya

Crecen las selvas formadoras de carbón

Aparecen los grandes mamíferos (ej. Arsinoitherium)

PÉRMICO

Se produce la desertificación primitiva

Aparacen las coníferas

TERCIARIO

CARBONÍFERO

Se produce el último período glacial

El río Colorado comienza a horadar el Gran Cañón

Comienza la elevación de Sierra Nevada

CUATERNARIO

Aparece el ser humano moderno (Homo sapiens)

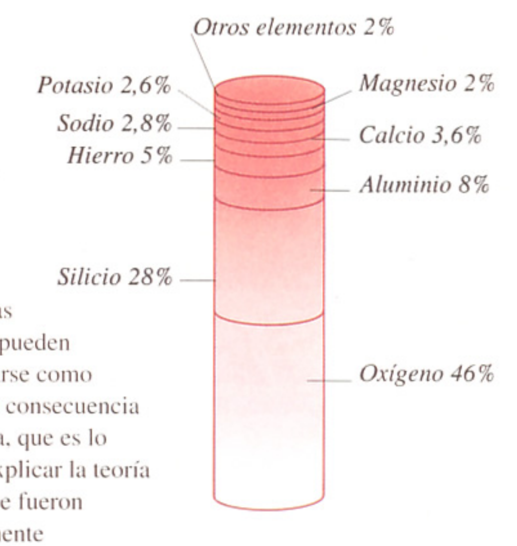
HACE MILLONES DE AÑOS	286	248	208	144	65	53	36,5	23	5,3	2	0,01	0

ÉPOCA					PALEOCENO	EOCENO	OLIGOCENO	MIOCENO	PLIOCENO	PLEISTOCENO	HOLOCENO
PERÍODO	PÉRMICO	TRIÁSICO	JURÁSICO	CRETÁCICO	TERCIARIO					CUATERNARIO	
ERA		MESOZOICO			CENOZOICO						

Corteza terrestre

LA CORTEZA TERRESTRE ES LA CAPA SÓLIDA EXTERIOR de la Tierra. En ella se incluye la superficie continental (de un espesor aproximado de 40 kilómetros) y la corteza oceánica (de cerca de 6 kilómetros de grosor). La corteza y las capas superiores del manto forman la litósfera, constituida por placas semirígidas que se mueven por acción de la astenósfera (estrato parcialmente derretido del manto) que las sostiene. Este proceso es conocido como tectónica de placas. Cuando dos placas se separan se producen grietas en la corteza. En medio del océano este movimiento genera la expansión del suelo oceánico y la formación de cordilleras submarinas. En los continentes el despliegue de la corteza puede formar fosas tectónicas o valles agrietados. Cuando las placas se mueven en dirección contraria, una de ellas puede deslizarse bajo la otra. En alta mar el resultado de estos deslizamientos (subducciones) pueden ser fosas oceánicas, actividad sísmica y arcos de islas volcánicas. Las montañas pueden formarse como consecuencia de la subducción de la corteza oceánica bajo la corteza continental, o bien como consecuencia de la colisión de dos masas continentales. Las placas también pueden deslizarse una sobre otra, que es lo que pasa, por ejemplo, en la falla de San Andrés. La tectónica de placas nos puede ayudar a explicar la teoría de la deriva de los continentes, según la cual hace unos 175 millones de años los continentes se fueron agrupando para formar una sola masa, el supercontinente denominado Pangea, que posteriormente se fue fragmentando.

ELEMENTOS DE LA CORTEZA TERRESTRE



MOVIMIENTO DE PLACAS

Cresta que se forma donde el magma asciende para crear una nueva corteza oceánica

Fosa oceánica que se forma en el lugar donde la corteza oceánica es forzada a pasar bajo la continental

Zona de subducción

Región de expansión oceánica

Grieta originada donde se separan dos placas

El magma (roca fundida) erupciona por la grieta

El magma asciende y crea un punto caliente

Se origina un volcán sobre el punto caliente y se alza hasta formar una isla

Isla volcánica que se formó originariamente sobre el punto caliente

La corteza oceánica se funde

El magma asciende y forma un volcán

PRINCIPALES PLACAS DE LA CORTEZA TERRESTRE

Placa euroasiática
Placa anatólica
Placa indo-australiana
Placa filipina
Placa norteamericana
Placa helénica
Placa arábiga
Placa africana
Placa antártica
Placa del Pacífico
Placa del Caribe
Placa Cocos
Placa de Nazca
Placa suramericana

Bordes de las placas
Dirección del movimiento de las placas

Límite por el que se deslizan dos placas

Surgimiento de una cadena montañosa en el lugar en que la corteza oceánica subduce, comprimiendo y deformando el borde de la corteza continental

Litósfera (corteza y capa superior del manto)

Astenosfera (parte superior del manto)

DERIVA CONTINENTAL

Angara
Euroamérica
Gondwana

HACE 500 MILLONES DE AÑOS

Angara
Euroamérica
Gondwana

HACE 325 MILLONES DE AÑOS

La Pangea se formó debido al acercamiento de Angara, Euroamérica y Gondwana

HACE 175 MILLONES DE AÑOS

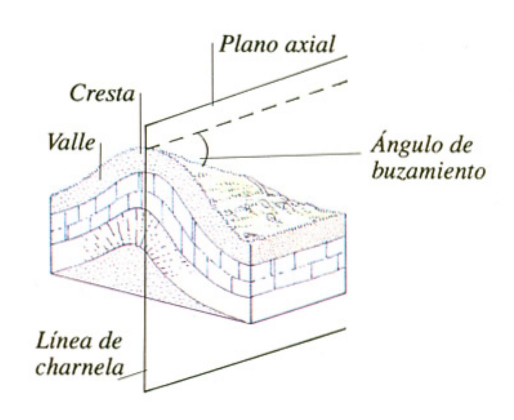
La fragmentación de la Pangea provocó la aparición de los continentes con forma similar a los actuales

HACE 50 MILLONES DE AÑOS

Pliegues y fallas

El continuo movimiento de las placas tectónicas de la corteza terrestre puede comprimir, estirar o romper los estratos deformándolos y produciendo fallas y pliegues. Una falla es una fractura de la roca provocada por el desplazamiento de una de sus partes por sobre la otra. Este movimiento puede ser horizontal, vertical u oblicuo (vertical y horizontal). Las fallas se originan cuando las rocas están sometidas a tensión o compresión. Las fallas pueden producirse en rocas duras y rígidas, que son más fáciles de romper que de modificar. Las fallas más pequeñas son microscópicas y se producen en los cristales de los minerales; las mayores (como El Gran Rift Valley de África) miden más de 9 mil kilómetros. El movimiento a lo largo de las fallas es causa común de terremotos. Un pliegue es una modificación originada por compresión en los estratos de una roca. Los pliegues se producen en rocas más bien elásticas, que tienden a deformarse antes que a romperse. Los dos más importantes tipos de pliegues son los anticlinales (convexos) y los sinclinales (cóncavos). Los pliegues varían en tamaño, desde los que miden unos milímetros hasta las grandes montañas que miden kilómetros. Además de las fallas y los pliegues, otros elementos asociados a las deformaciones de la roca son vesículas, almohadillas y fracturas escalonadas.

ESTRUCTURA DE UN PLIEGUE



ESTRUCTURA DE UNA FALLA

Plano de falla

Inmersión del plano de falla (ángulo respecto al plano horizontal)

Labio elevado

Labio

Labio hundido

Buzamiento del plano de falla (ángulo respecto al plano vertical)

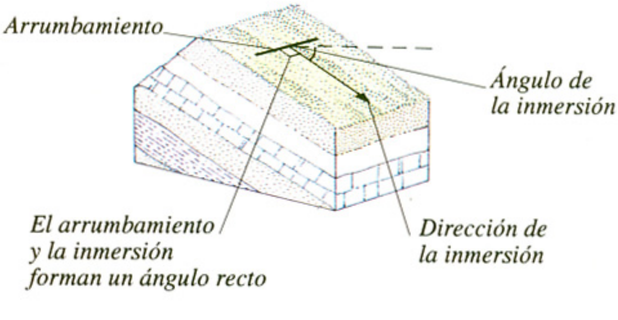
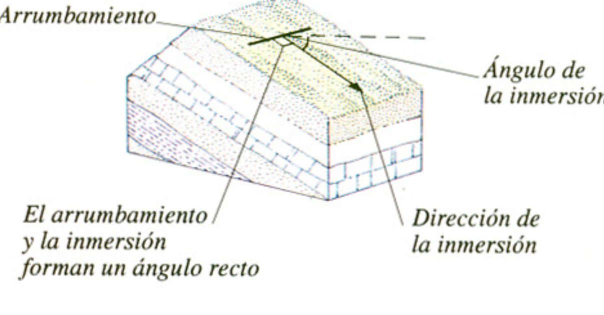
ROCA PLEGADA

Cresta de anticlinal

Flancos con estratificación escarpada

Buzamiento

ESTRUCTURA DE UNA PENDIENTE

SECCIÓN DE UN ESTRATO DE ROCA PLEGADO QUE HA SIDO EROSIONADO



EJEMPLOS DE PLIEGUES

Anticlinorio
Monoclinal
Sinclinal
Pliegue volcado
Deslizamiento
Pliegue en Z
Sinclinorio
Anticlinal
Pliegue caído
Pliegue en abanico
Pliegue en caja
Pliegue en forma de media luna

EJEMPLOS DE FALLAS

Falla en dirección sinistral
Falla en dirección dextral
Horst
Falla de desgarre
Falla normal o por distorsión
Falla inversa o por compresión
Falla de cobijadura
Falla de desplazamiento oblicuo
Fosa tectónica (Graben)
Falla cilíndrica

DEFORMACIONES DE LA ROCA A PEQUEÑA ESCALA

Lecho competente (formado por rocas que se rompen)
Tensión
Tensión
Lecho incompetente (formado por rocas que se deforman)
El lecho competente se rompe en secciones

VESÍCULA

Tensión
Lecho incompetente
Tensión
Lecho competente
Tensión
Tensión
El lecho competente se rompe en forma de prismas

ALMOHADILLA

Masas de roca se cizallan unas sobre otras
Tensión
Tensión
Fractura escalonada o en échelon
Fractura abierta por la tensión

FRACTURA ESCALONADA O EN ÉCHELON

Falla rellena de mineral
Estrato (lecho) inclinado
Lecho ligeramente plegado
Lecho horizontal
Falla rellena de mineral
Lecho inclinado
Arenisca carbonífera de la transición Wesfaliense-Dinantinense
Carbones del carbonífero superior

Formación de una montaña (orogénesis)

El proceso relacionado con la formación de las montañas - conocido como orogénesis- se produce como resultado del movimiento de las placas de la corteza terrestre. Existen tres tipos principales de montañas: las volcánicas, las de plegamiento y las tubulares o bloqueadas. La mayoría de las montañas de tipo volcánico se forma en los bordes de las placas, justo en los puntos donde éstas se acercan y se separan y la lava y otros sedimentos rocosos afloran a la superficie terrestre. La lava y los desperdicios rocosos pueden acumularse y formar una cúpula alrededor de un cráter volcánico. Las montañas de pliegue se forman en los lugares donde las placas se empujan y originan una curvatura ascendente en las rocas. En el sitio donde la corteza oceánica se encuentra con una continental menos densa, se produce un hundimiento forzado de la primera bajo la segunda. La corteza continental se pliega por la fuerza del impacto y se forman las cordilleras plegadas como los Montes Apalaches en Norteamérica. Las montañas de plegamiento pueden formarse también en el sitio donde se encuentran dos superficies de corteza continental. El Himalaya, por ejemplo, comenzó a formarse cuando la India colisionó con Asia, plegando los sedimentos y parte de la corteza oceánica situada entre ambas. Las montañas tubulares se originan cuando un bloque de tierra aflora entre dos fallas como resultado de una compresión o tensión de la corteza terrestre. Generalmente el movimiento a lo largo de las fallas se produce gradualmente en miles de años. Sin embargo, dos placas pueden deslizarse repentinamente una sobre otra a lo largo de una línea de falla (como sucede, por ejemplo, en la Falla de San Andrés) provocando terremotos.



BHAGIRATHI PARBAT, HIMALAYA

FORMACIÓN DEL HIMALAYA

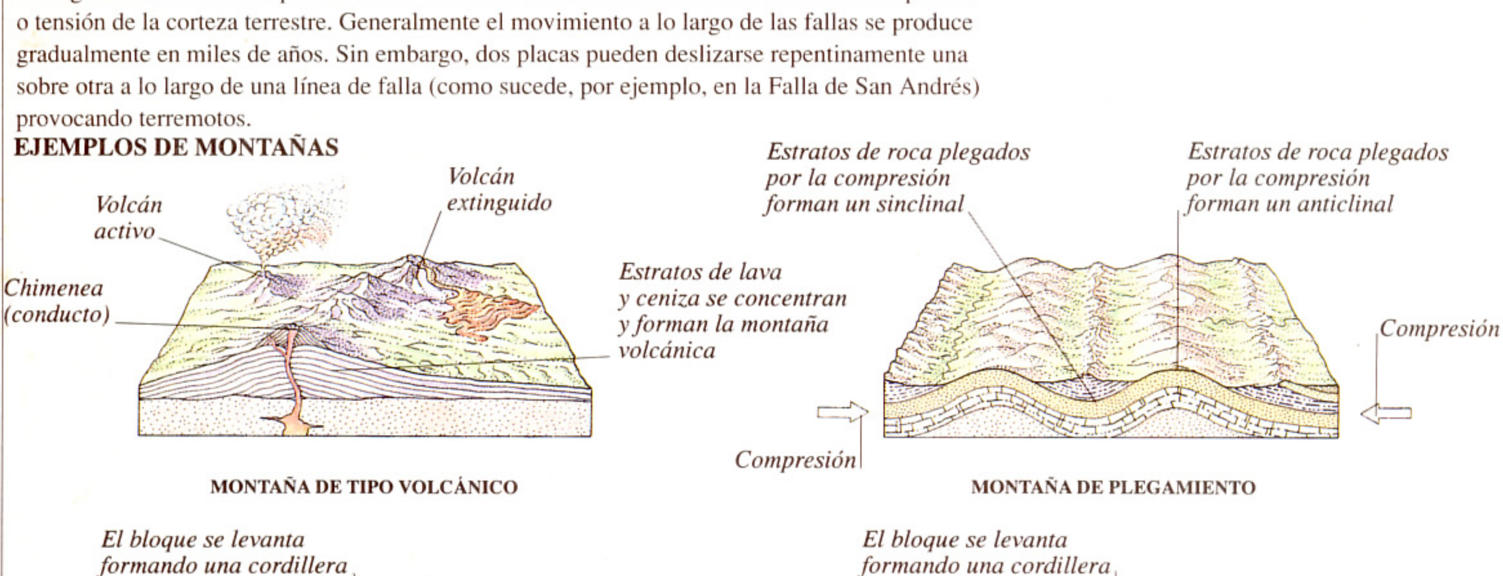
Asia

El Himalaya se formó por el plegamiento de los sedimentos y parte de la corteza oceánica que existía entre los dos continentes que chocaron

La India se movió hacia el norte

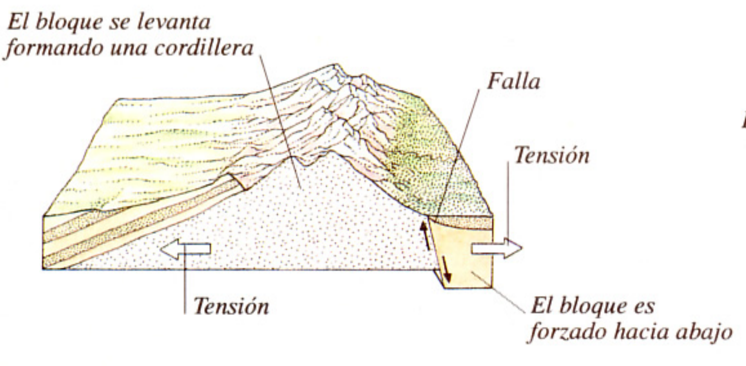
La India colisionó con Asia hace unos 40 millones de años

EJEMPLOS DE MONTAÑAS



MONTAÑA DE TIPO VOLCÁNICO

MONTAÑA DE PLEGAMIENTO



MONTAÑA BLOQUE-FALLA

El bloque se levanta formando una cordillera

Falla

Falla

El bloque es forzado hacia abajo

El bloque es forzado hacia abajo

LEVANTAMIENTO DE UNA MONTAÑA BLOQUE-FALLA

ETAPAS EN LA FORMACIÓN DEL HIMALAYA

La superficie oceánica se achica a medida que las placas convergen

Sedimentos

La India se mueve hacia Asia

Sedimentos

Asia

Volcán

Corteza continental

Corteza continental

La corteza oceánica es forzada a pasar por debajo de la corteza continental

El magma sale al exterior y forma volcanes

HACE 60 MILLONES DE AÑOS

Los sedimentos y parte de la corteza oceánica se pliegan debido a la colisión de los continentes

India

Asia

Corteza continental

La corteza oceánica es forzada a pasar por debajo de la corteza continental

Corteza continental

HACE 40 MILLONES DE AÑOS

Llanura del Ganges

Sedimentos y parte de la corteza oceánica plegados y levantados

India

Asia

Corteza continental

Corteza continental

HACE 20 MILLONES DE AÑOS

Sedimentos y parte de la corteza oceánica mucho más plegados y levantados formando el Himalaya

La ondulación, efecto de la colisión, forma montañas y la meseta del Tíbet

Llanura del Ganges

India

Asia

Corteza continental

Corteza continental

HOY

FALLA DE SAN ANDRÉS

Línea de falla a lo largo de la cual dos placas pueden deslizarse una por encima de otra provocando un terremoto

TERREMOTOS

Epicentro (punto de la superficie de la Tierra situado justo encima del foco)

Las ondas sísmicas van del foco hacia el exterior

Las líneas isosísmicas unen lugares con la misma intensidad de sacudida

Foco (punto donde se origina el terremoto)

ANATOMÍA DE UN TERREMOTO

Foco

Núcleo (bloquea las ondas S y desvía las ondas P)

Corteza

Ondas sísmicas S y P

Onda L

Manto

Zona de sombra de la onda P

Zona de sombra de la onda P

Onda P

CAMINO QUE SIGUEN LAS ONDAS SÍSMICAS A TRAVÉS DE LA TIERRA

Los volcanes



PAHOEHOE
(LAVA CORDADA)

Los volcanes son aberturas o grietas de la corteza terrestre, a través de las cuales el magma (roca fundida originaria del interior del globo) es empujado a la superficie como lava. Comúnmente los volcanes suelen estar ubicados en los límites de las placas geológicas, pero la mayoría está situada en un cinturón llamado el "anillo de fuego" que se extiende alrededor del Océano Pacífico. Los volcanes pueden ser clasificados de acuerdo a la violencia y frecuencia de sus erupciones. Las erupciones volcánicas no explosivas se producen cuando las placas geológicas se apartan. Estas erupciones producen lava basáltica que se desparrama rápidamente sobre una amplia superficie formando conos relativamente planos. Las erupciones más violentas se originan en el lugar donde chocan las placas. Tales erupciones producen espesa lava riolítica y pueden también expulsar nubes de polvo y piroclastos (fragmentos de lava). Como esta lava no fluye muy lejos antes de enfriarse, origina así volcanes cónicos de laderas escarpadas. Algunos volcanes producen lava y cenizas originando conos compuestos. Los volcanes que erupcionan con frecuencia se denominan activos; los que lo hacen raramente se llaman inactivos y aquellos que ya no hacen erupción reciben el nombre de extintos o apagados. Así como los volcanes, son característicos de la zona volcánica, los géiseres, manantiales de aguas calientes, solfataras, fumarolas, y charcos de barro burbujeante.

GEISER HORU
(NUEVA ZELANDA)

TIPOS DE VOLCANES

Meseta de lava basáltica
Grieta creada por placas que se superponen
Pendiente suave

VOLCÁN GRIETA

Cráter
Pendiente suave formada por numerosas capas de lava basáltica

VOLCÁN DE ESCUDO BÁSICO

Cráter
Laderas abruptas y convexas causadas por lava viscosa que se ha enfriado rápidamente

VOLCÁN DOMÁTICO

Laderas ligeramente cóncavas
Cráter
Cernada (acumulación de cenizas)
Cenizas finas

VOLCÁN CENIZA-CERNADA
(*Vesubiano*)

Lava
Cráter
Cenizas
Forma cónica y escarpada
Chimenea secundaria

VOLCÁN COMPUESTO
(*Etneo*)

Caldera (cráter volcánico)
Nuevo cono
Cono antiguo
Cenizas

VOLCÁN CALDERA
(*Hawaiano*)

CÓMO LOS TAPONES VOLCÁNICOS QUEDAN AL DESCUBIERTO

Volcán extinguido
La lava solidificada forma el tapón

FORMACIÓN DEL TAPÓN

El tapón sobresale
El cono volcánico se va erosionando lentamente

EROSIÓN INICIAL ALREDEDOR DEL TAPÓN

El resistente tapón de lava permanece
El cono volcánico queda totalmente erosionado



DENUDACIÓN COMPLETA DEL TAPÓN

LAPILLI (FRAGMENTOS DE LAVA)

Pequeño pedazo de lava solidificada

CLASES DE LAVA

Escoria (pedazos angulares y puntiagudos)

Goteos de lava procedentes del techo del túnel

AA (LAVA BLOQUE)

LAVA REFUNDIDA

LOCALIZACIÓN DE LOS VOLCANES

▲ Volcán

Bordes de la placa

ESTRUCTURA DE UN VOLCÁN

Cráter

Tapón (lava solidificada)

Cono volcánico de pendiente escarpada formado por numerosos estratos

Chimenea principal

Cenizas volcánicas

Cono cernada

Lacolito

Chimenea secundaria

Manantial mineral

Depósito de magma

Corriente de lava colada

Agua subterránea

MANIFESTACIONES VOLCÁNICAS

Azufre gasificado

Chorro de agua caliente y vapor

Las rocas calientes elevan la temperatura del agua

La presión del vapor aumenta

Agua caliente

El barro y los sedimentos de la superficie se mezclan con el agua caliente

Agua sobrecalentada

Vapor

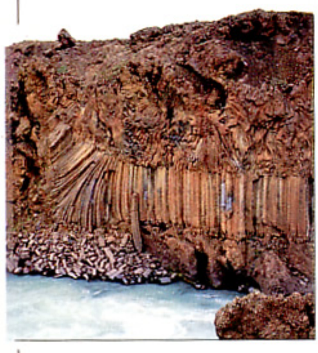
SOLFATARAS

GÉISER

CHARCO DE BARRO

FUMAROLA

El ciclo de la roca



COLUMNAS HEXAGONALES DE BASALTO, ISLANDIA

El ciclo de la roca es el proceso por medio del cual las rocas antiguas se renuevan continuamente. Las rocas pueden dividirse en tres grupos principales: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las rocas ígneas se forman cuando el magma (la roca fundida) procedente del centro de la Tierra se enfría y solidifica. Las rocas sedimentarias se forman cuando los sedimentos (las partículas rocosas, por ejemplo) se comprimen y funden entre sí en un proceso denominado litificación. Las rocas metamórficas se forman cuando las ígneas, sedimentarias u otras rocas metamórficas cambian por medio del calor o la presión. Las rocas aparecen sobre la superficie terrestre a causa del movimiento de la corteza y la actividad volcánica. Expuestas al desgaste de los agentes atmosféricos, las rocas se dividen en partículas. Estas partículas rocosas son transportadas por los glaciares, los ríos y el viento, siendo depositadas más tarde en lagos, deltas, desiertos o en el fondo del mar como sedimento. Algunos de estos sedimentos son litificados formando rocas sedimentarias. Estas rocas pueden ser expulsadas a la superficie terrestre por movimientos de la corteza o bien empujadas al interior de la tierra, donde el calor y la presión las transformarán en rocas metamórficas. Por otra parte, las rocas metamórficas pueden ser empujadas a la superficie o bien fundirse con el magma. Eventualmente el magma se enfría y solidifica bajo la superficie, formando rocas ígneas. Cuando las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas nuevamente quedan expuestas sobre la superficie de la Tierra, el ciclo vuelve a comenzar.

ETAPAS EN EL CICLO DE LA ROCA

El magma es expulsado en forma de lava que se solidifica y forma rocas ígneas

Chimenea (conducto)

Corriente de lava

Chimenea principal

Chimenea secundaria

Lava

Ceniza

Las rocas que rodean el magma son transformadas en rocas metamórficas por la acción del calor

El intenso calor desprendido por el magma ascendente funde algunas de las rocas circundantes

Las rocas sedimentarias se aplastan y deforman para formar rocas metamórficas

EL CICLO DE LA ROCA

Roca ignea

Desgaste, transporte y depósito

Sedimentos

Enfriamiento y solidificación (cristalización)

Calor y presión (metamorfismo)

Desgaste, transporte y depósito

Desgaste, transporte y depósito

Compresión y calentamiento (litificación)

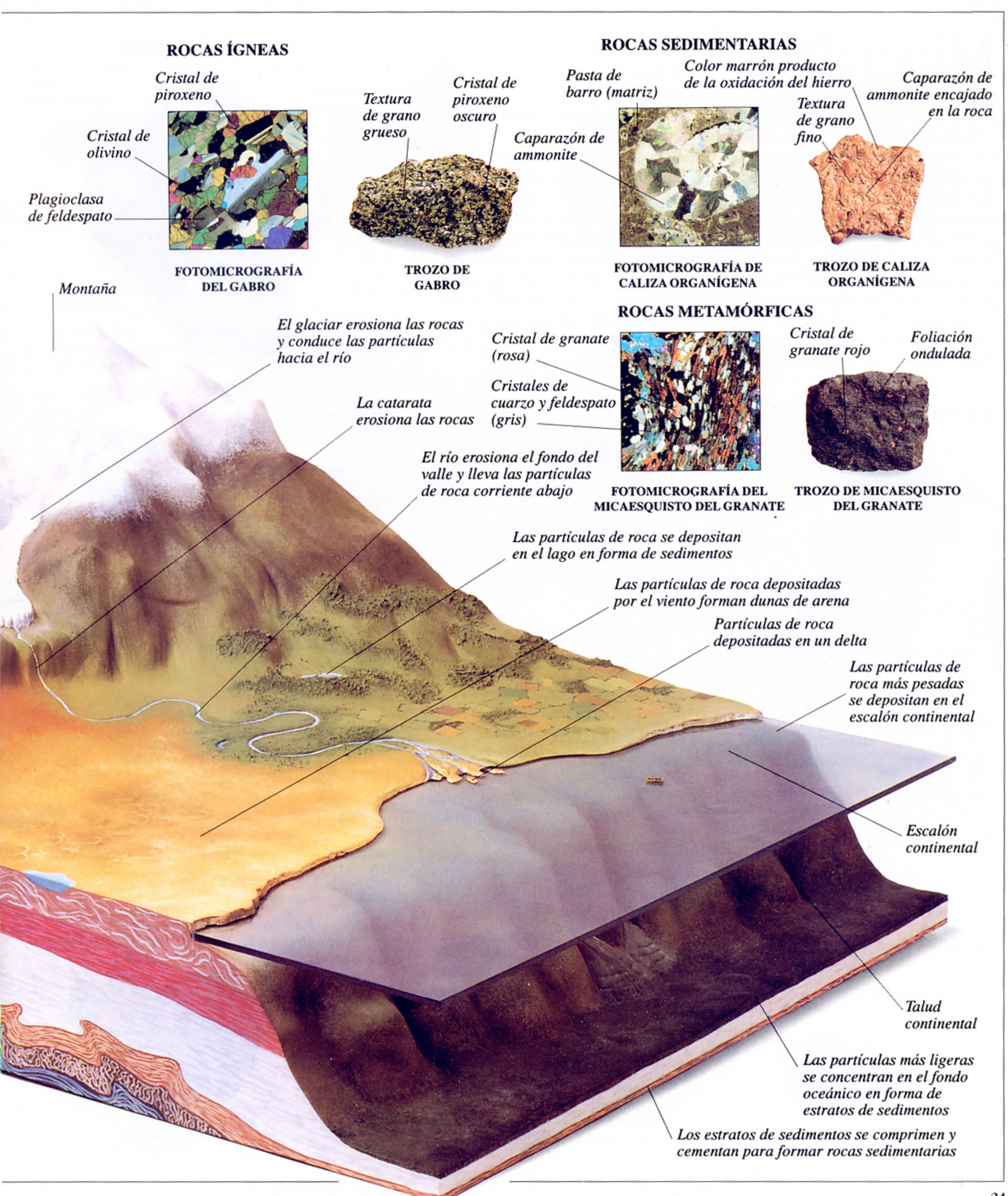
Magma

Fusión

Calor y presión (metamorfismo)

Roca metamórfica

Roca sedimentaria


ROCAS ÍGNEAS
Cristal de piroxeno
Cristal de olivino
Plagioclasa de feldespato
FOTOMICROGRAFÍA DEL GABRO
Textura de grano grueso
Cristal de piroxeno oscuro
TROZO DE GABRO
ROCAS SEDIMENTARIAS
Pasta de barro (matriz)
Caparazón de ammonite
FOTOMICROGRAFÍA DE CALIZA ORGANÍGENA
Color marrón producto de la oxidación del hierro
Textura de grano fino
Caparazón de ammonite encajado en la roca
TROZO DE CALIZA ORGANÍGENA
ROCAS METAMÓRFICAS
Cristal de granate (rosa)
Cristales de cuarzo y feldespato (gris)
FOTOMICROGRAFÍA DEL MICAESQUISTO DEL GRANATE
Cristal de granate rojo
Foliación ondulada
TROZO DE MICAESQUISTO DEL GRANATE
Montaña
El glaciar erosiona las rocas y conduce las partículas hacia el río
La catarata erosiona las rocas
El río erosiona el fondo del valle y lleva las partículas de roca corriente abajo
Las partículas de roca se depositan en el lago en forma de sedimentos
Las partículas de roca depositadas por el viento forman dunas de arena
Partículas de roca depositadas en un delta
Las partículas de roca más pesadas se depositan en el escalón continental
Escalón continental
Talud continental
Las partículas más ligeras se concentran en el fondo oceánico en forma de estratos de sedimentos
Los estratos de sedimentos se comprimen y cementan para formar rocas sedimentarias

Minerales

UN MINERAL ES UNA SUBSTANCIA que se origina de manera natural, que posee una composición química característica y propiedades físicas específicas, tales como el hábito y la veta. En comparación, una roca es una suma de minerales sin una composición química específica. Los minerales están compuestos de elementos (subtancias que no se pueden dividir químicamente en otras más simples), cada uno de los cuales se puede representar por un símbolo químico. Los minerales pueden dividirse en dos grandes grupos: elementos puros o naturales y compuestos. Los elementos naturales o puros, tal como su nombre lo indica, están formados por un solo elemento puro, como ocurre, por ejemplo, con el oro (símbolo químico Au), la plata (Ag), el cobre (Cu) y el carbono (C). Como elemento simple, el carbono se encuentra en dos formas: diamante y grafito. Los compuestos son combinaciones de dos o más elementos. Por ejemplo, los sulfuros son compuestos de azufre (S) y uno o más elementos, como el plomo (Pb), en el mineral llamado galena, o el antimonio (Sb), en el mineral llamado stibnita.

ELEMENTOS NATURALES

Cobre dendrítico (ramificado)

Pasta de limonita (matriz)

COBRE
(Cu)



ORO
(Au)

DIAMANTE
(C)

GRAFITO
(C)

SULFUROS

Cristal cúbico de galena

GALENA
(PbS)

Crtistal prismático de stibnita

Pasta de cuarzo (matriz)

STIBNITA
(Sb_2S_3)

Cristal de pirita perfectamente octaédrico

Cristal de cuarzo

PIRITAS
(FeS_2)

ÓXIDOS/HIDRÓXIDOS



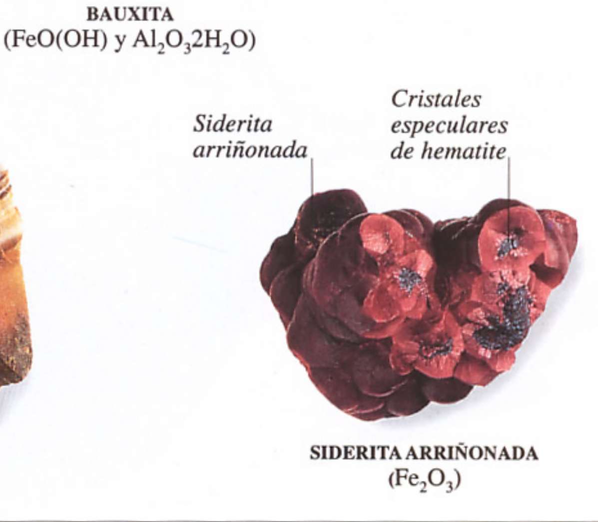
CUARZO AHUMADO
(SiO_2)

BAUXITA
(FeO(OH) y $Al_2O_32H_2O$)

ESPECULARITA
(Fe_2O_3)



ÓNICE
(SiO_2)



SIDERITA ARRIÑONADA
(Fe_2O_3)

FOSFATOS

Pasta de limonita (matriz)

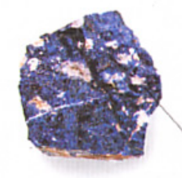
Cristales prismáticos de piromorfita

PIROMORFITA
($Pb_5(PO_4)_3Cl$)



WAVELITA
($Al_3(PO_4)_2(OH,F)_3.5H_2O$)

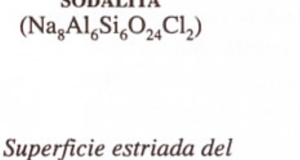
SILICATOS



SODALITA
($Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2$)



TURMALINA
($Na(Mg,Fe,Li,Mn,Al)_3Al_6(BO_3)_3Si_6.O_{18}(OH,F)_4$)



OLIVINO
(Fe_2SiO_4 - Mg_2SiO_4)

CARBONATOS



CERUSITA
($PbCO_3$)



CALCITA
($CaCO_3$)

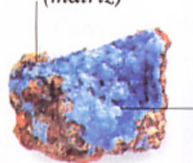


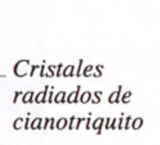
EPIDOTA
($Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3(OH)$)

Cristal tabular de moscovita

MOSCOVITA
($KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$)

SULFATOS





CIANOTRIQUITO
($Cu_4Al_2(SO_4)(OH)_{12}.2H_2O$)

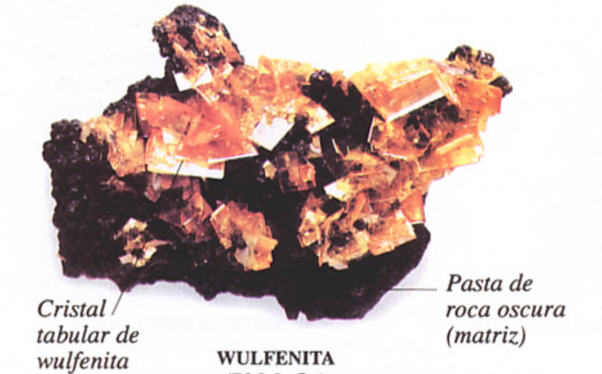


YESO MARGARITA
($CaSO_4.2H_2O$)



ORTOCLASA
($KAlSi_3O_8$)

MOLYBDATOS



WULFENITA
($PbMoO_4$)

HALITA



FLUORITA VERDE
(CaF_2)



HALITA NARANJA (SAL DE ROCA)
($NaCl$)

Características de los minerales

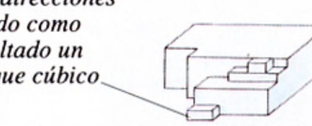
Los minerales se pueden identificar estudiando características tales como la fractura o disyunción (separación), exfoliación o clivage (división y corrección de sus formas), red cristalina, hábito, dureza, color y veta. Los minerales pueden romperse de diferentes maneras. Si un mineral se parte de forma irregular, dejando una superficie áspera, posee grietas o fracturas. Si se parte en capas lisas y definidas posee textura laminada posible de exfoliarse. Los minerales específicos tienen distintos patrones de clivage; por ejemplo la mica se exfolia a lo largo de un solo plano. La mayoría de los minerales forman cristales que pueden ser clasificados en sistemas transparentes de acuerdo a su simetría y número de caras. Dentro de cada sistema es posible encontrar cristales de formas diferentes, pero relacionadas; por ejemplo, un cristal cúbico puede tener seis, ocho o doce caras. El hábito de un mineral es la forma típica tomada por la totalidad de sus cristales. Ejemplos de hábito son el arracimado (como racimo de uvas) y el masivo (sin forma definida). La dureza relativa de un mineral es estimada de acuerdo a su resistencia a rayarse. Esta propiedad es generalmente medida usando la escala de Mohs que clasifica el grado de dureza desde el 1 (para el talco) hasta el 10 (para el diamante). El color de los minerales no es una guía segura para identificarlos, puesto que algunos poseen una escala de colores. La veta o raya (el color del polvo fino que deja un mineral cuando se frota con él sobre una baldosa porosa) es un indicador más confiable.

CLIVAGE O EXFOLIACIÓN

Exfoliación en una dirección

EXFOLIACIÓN SEGÚN UN ÚNICO PLANO

Exfoliación en tres direcciones dando como resultado un bloque cúbico



EXFOLIACIÓN SEGÚN TRES PLANOS

Exfoliación horizontal

Exfoliación vertical

EXFOLIACIÓN SEGÚN DOS PLANOS

Exfoliación en cuatro direcciones dando como resultado un cristal en forma bipiramidal

EXFOLIACIÓN SEGÚN CUATRO PLANOS

SISTEMA O RED CRISTALINA

Cristal cúbico de pirita de hierro

Cristal tetragonal de vesubiana



Representación del sistema tetragonal

SISTEMA TETRAGONAL

SISTEMA CÚBICO

Representación del sistema cúbico

Cristal hexagonal de berilo



Representación del sistema hexagonal/trigonal



SISTEMA HEXAGONAL/TRIGONAL

Cristal ortorrómbico de baritina

Representación del sistema ortorrómbico

SISTEMA ORTORRÓMBICO

Cristal monoclínico de selenita



Representación del sistema monoclínico

SISTEMA MONOCLÍNICO

Cristal triclínico de axinita

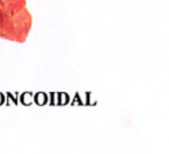
Representación del sistema triclínico

SISTEMA TRICLÍNICO

FRACTURA

Ópalo de fuego con fractura concoidal (en forma de concha)





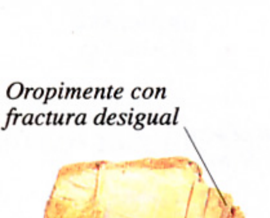
FRACTURA CONCOIDAL

Níquel con fractura mellada



FRACTURA MELLADA

Oropimente con fractura desigual



FRACTURA DESIGUAL

Garnierita con fractura arcillosa



FRACTURA ARCILLOSA

HÁBITO



HÁBITO PRISMÁTICO

HÁBITO EN FORMA DE FILAMENTO TORSIONADO

HÁBITO TABULAR

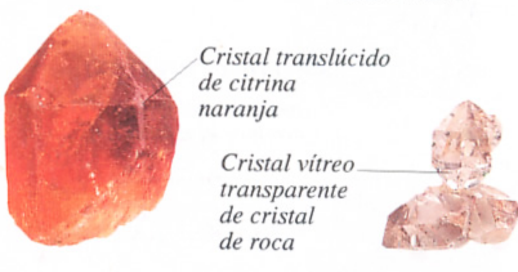
HÁBITO FIBROSO

HÁBITO BOTRIOIDAL

HÁBITO MASIVO

RAYA





NARANJA

BEIGE, TRANSPARENTE

ESCALA DE DUREZA DE MOHS



Rocas ígneas y metamórficas

Las rocas de tipo ígneo se forman cuando el magma (roca fundida procedente del fondo de la capa inferior de la corteza terrestre) se enfría y solidifica (cristaliza). Existen dos tipos principales de rocas ígneas: las intrusivas y las extrusivas. Las intrusivas se forman en profundidad donde el magma es forzado dentro de grietas o entre estratos rocosos para formar estructuras como umbrales, diques y batolitos. El magma se enfría lentamente formando de esa manera rocas de grano grueso como el gabro y la pegmatita. Las rocas extrusivas se forman cuando la lava (el magma expulsado al exterior por una erupción volcánica) cristaliza sobre la superficie de la Tierra. La lava fundida se enfría rápidamente, produciendo rocas de grano fino como la riolita y el basalto. Las rocas metamórficas son aquellas que han sido alteradas por el intenso calor (metamorfismo de contacto) o por presión extrema (metamorfismo regional). El metamorfismo de contacto ocurre cuando las rocas son alteradas por el calor, proveniente, por ejemplo, de una intrusión ígnea o de un flujo de lava. El metamorfismo regional se produce cuando las rocas son sometidas a gran presión al quedar encerrada dentro de una cordillera en formación. Las rocas metamórficas pueden formarse a partir de rocas ígneas, sedimentarias o incluso de otras rocas metamórficas.

COLUMNAS DE BASALTO



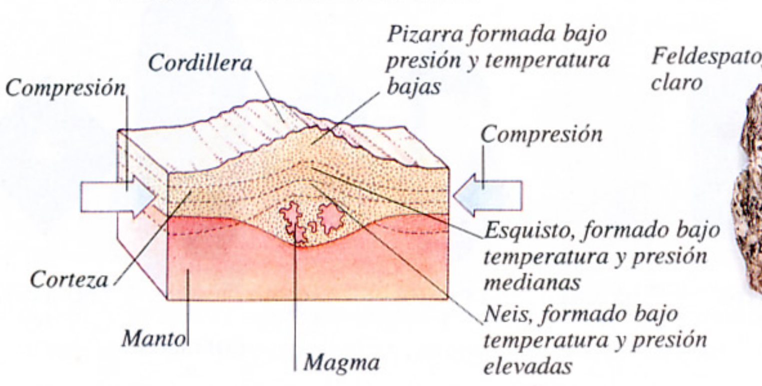
Cono de cenizas
Gran corriente de lava erosionada
Lacolito cedriforme
Cerro testigo
Tapón
Dique cónico
Dique anular
Batolito
Dique
Umbral submarino
Enjambre de diques
Lopolito

ESTRUCTURA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

METAMORFISMO DE CONTACTO

Aureola de metamorfismo (región donde se produce el metamorfismo de contacto)
Intrusión ígnea de temperatura elevada
Caliza
Arcilla
Mármol (caliza metamorfoseada)
Pizarra (arcilla compacta metamorfoseada)

METAMORFISMO REGIONAL



EJEMPLOS DE ROCAS METAMÓRFICAS





NEIS

ESQUISTO PLEGADO



SCARN

EJEMPLOS DE ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS

Textura porfídica

RIOLITA

Cristales de grano fino

BASALTO

Vesículas alargadas (cavidades de gas)

PÓMEZ

Pasta de grano fino (matriz)

ANDESITA PORFÍDICA

Fractura concoidal (en forma de concha)

Brillo vítreo

OBSIDIANA

Mesa (meseta de cima plana)

Géiser extinguido

Lago

Caldera

Mar

Corriente de lava

Chimenea (conducto)

Volcán joven activo

Volcán parásito

Conducto principal

Hundimiento provocado por el peso del volcán

Depósito de magma

Tapón erosionado de un volcán extinguido

Batolito

Lacolito

EJEMPLOS DE ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Pasta oscura (matriz)

KIMBERLITA

Plagioclasa de feldespato

GABRO OLIVÍNICO

Cristales de anfíbol

Feldespato blanco

PEGMATITA

Pasta fina (matriz)

Cristal de pirita

PIZARRA CON PIRITAS

Cristal de quiastolita

CORNUBIANITAS QUIASTOLÍTICAS

Mineral calcosilícico de color verde

MÁRMOL VERDE

Contenido de cuarzo beta

HALLEFLINTA

Cristal de anfíbol

SIENITA



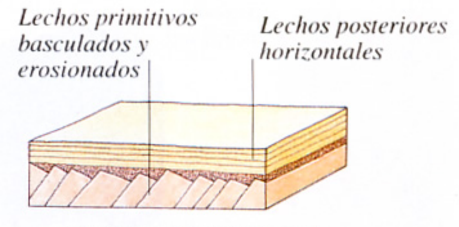
Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación y consolidación de sedimentos. Hay tres grupos principales de rocas sedimentarias. Rocas detríticas, como la brecha o la arenisca se forman a partir de otras que se han descompuesto en fragmentos debido a la alteración o desgaste causados por agentes atmosféricos, siendo transportadas y depositadas posteriormente en otros lugares. Las rocas sedimentarias de origen orgánico, como el carbón, provienen de los restos de animales y plantas. Las rocas sedimentarias de precipitación química se forman por medio de procesos químicos. La sal de roca, por ejemplo, se forma cuando la sal que se encuentra disuelta en agua se deposita y el agua se evapora. Las rocas sedimentarias se encuentran en capas denominadas lechos o estratos. Cada nuevo estrato se dispone horizontalmente sobre las más antiguas. Suelen producirse algunas fallas en las secuencias, que reciben el nombre de discordancias. Ellas representan períodos en los cuales no se han dispuesto nuevas capas de sedimentos o las existentes se han elevado sobre el nivel del mar, siendo posteriormente erosionadas.

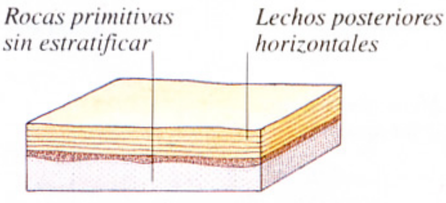


EL GRAN CAÑÓN, EEUU

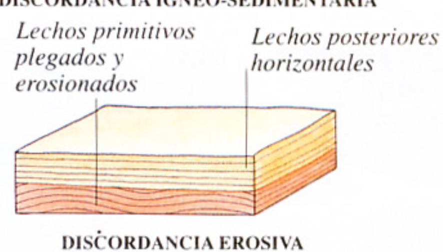
EJEMPLOS DE DISCORDANCIAS



DISCORDANCIA ANGULAR



DISCORDANCIA ÍGNEO-SEDIMENTARIA



DISCORDANCIA EROSIVA

ESTRATOS SEDIMENTARIOS DE LA REGIÓN DEL GRAN CAÑÓN

Formación Wasatch
Formación Kaiparowits
Arenisca Wahweap
Formación Tropic
Arenisca Dakota
Formación Carmel
Despeñadero rosa
Cañón Bryce
Cañón Zion
Despeñadero gris
Falla Sevier
Despeñadero blanco
Arco Pipe
Arenisca Temple Cap
Arenisca Navajo
Formación Kayenta
Formación Moenave
Formación Chinle
Miembro Shinarump
Formación Moenkopi
Calizas Kaibab
Formación Toroweap
Arenisca Coconino
Pizarras arcillosas Hermit

EJEMPLOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Calcita (compuesta de restos orgánicos diminutos)

Textura pulverulenta

CRETA

Banda de grava silícea

Banda de siderita

ARCILLA FERRUGINOSA FAJEADA

Fragmentos de rocas angulares

Pasta de sal o arena (matriz)

BRECHA

Color rojo debido al óxido de hierro

Textura similar a la de las semillas de mijo

ARENISCA ROJA

Aristas afiladas

Fractura concoidal (en forma de concha)

PEDERNAL

Cristales de halita

HALITA NARANJA (SAL DE ROCA)

Valle del río Colorado

Meseta Kaiparowits

Monte navajo

Despeñadero bermello

Mesa Negra

Meseta Kaibab

Desierto Pintado

Borde Norte

Gran Cañón

Cabo Royal

Borde sur

Río Colorado

Agrupación Supai

Calizas Redwall

Calizas Temple Butte

Calizas Muav

Pizarras arcillosas Bright Angel

Formación Dox

Cuarcitas Shinumo

Pizarras arcillosas Hakatai

Dique concordante Diabase

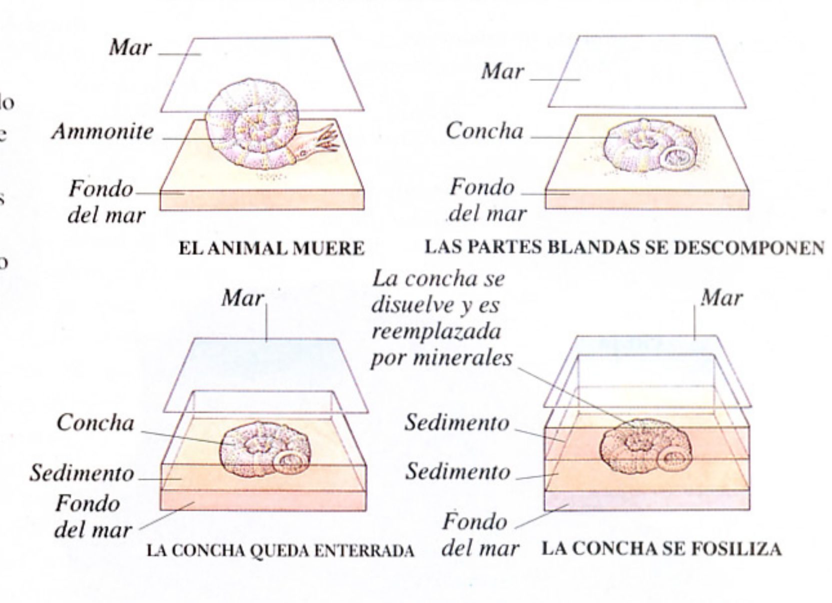
Formación Bass

Areniscas Tapeats

Los fósiles

Los fósiles son los restos de plantas y animales que han quedado conservados en las rocas. Fósiles pueden ser los restos preservados de un organismo, la impresión que ese organismo dejó en la roca, sus huellas preservadas y estampadas mientras vivía, en forma de siluetas de carbono orgánico, huellas fosilizadas o excrementos. La mayoría de los organismos muertos rápidamente se descompone o es devorado por animales carroñeros. Para que ocurra la fosilización es necesario que los restos sean sepultados rápidamente por sedimentos. El organismo entonces se descompone, pero sus partes duras, como por ejemplo huesos, dientes y conchas, pueden ser preservadas y endurecidas en los minerales contenidos en los sedimentos que lo rodean. La fosilización puede ocurrir también cuando las partes duras del organismo se disuelven y dejan una impresión o huella llamada molde, que se llena de minerales formando una especie de forma o "doble" del organismo. El estudio de los fósiles -la paleontología- no solamente muestra cómo han evolucionado los seres vivos, sino que ayuda a revelar la historia geológica de la Tierra, asistiéndola, por ejemplo, en la datación de los estratos rocosos.

PROCESO DE FOSILIZACIÓN



EJEMPLO DE FÓSILES

Foliolo con venas gruesas

Fronda

ALETHOPTERIS (HELECHO CON SEMILLAS)

Cráneo triangular

Miembro delantero corto

Miembro posterior largo

Pie grande

RANA (ANFIBIO)

Protuberancias radiales

Concha en amplia espiral

Ombligo

PAVLOVIA (MOLUSCO AMMONITE)

Pedículo

Válvula braquial

DICYOTHYRIS (BRAQUIÓPODO)

Protuberancias radiales

Charnela

VIEIRA (MOLUSCO BIVALVO)

Surco

Cavidad cilíndrica profunda

Fósil en forma de bala compuesto de calcita (carbonato de calcio)

ACROTEUTHIS (MOLUSCO BELEMNITE)

Pinza

Cuerpo

Cola larga

Aguijón

ESCORPIÓN (ARTRÓPODO)

REGISTRO DE LOS FÓSILES

Eón Proterozoico

Era Precámbrica

Eón Panerozoico

Era Paleozoica

Era Mesozoica

Era Cenozoica

550 Período Cámbrico

505 Período Ordovícico

438 Período Silúrico

408 Período Devónico

360 Período Carbonífero

286 Período Pérmico

248

248 Período Triásico

208 Período Jurásico

144 Período Cretácico

65

65 Época Paleoceno

53 Época Eoceno

36,5 Época Oligoceno

23 Época Mioceno

5,3 Época Plioceno

2 Época Pleistoceno

0,01 Época Holoceno

0 HACE MILLONES DE AÑOS

Período Terciario

Período Cuaternario

VERTEBRADOS

Peces
Anfibios
Aves
Reptiles
Mamíferos
Primates

INVERTEBRADOS

Equinodermos
Braquiópodos
Quelicerados
Insectos
Crustáceos
Bivalvos
Gastrópodos
Cefalópodos
Gusanos
Corales y medusas
Briozoos
Esponjas
Foraminíferos

PLANTAS

Algas
Plantas vasculares
Equisetos
Helechos
Cicadáceas
Angiospermas
Ginkgos
Coníferas

Trilobites

Dinosaurios

Ammonites y Belemnites

Helechos con

Espira turriculada

Protuberancias

Última vuelta

Abertura

STRUTHIOLARIA (MOLUSCO GASTRÓPODO)

Ojo grande y elevado

Cabeza amplia

Cuerpo espinoso y segmentado

Cola espinosa

LEONASPIS (TRILOBITE)

Pinza

Caparazón

CANGREJO (CRUSTÁCEO)

Zona ambulacral

Tubérculo diminuto

Poro genital

CLYPEASTER (EQUINODERMO)



Recursos minerales

Los recursos minerales pueden definirse como aquellos que se producen de una manera natural y que pueden ser extraídos de la tierra para utilizarse en forma de combustible y materias primas. El carbón, el petróleo y el gas -generalmente llamados combustibles fósiles- están considerados dentro de este grupo, aunque no pueden considerarse estrictamente minerales, porque tienen un origen orgánico. La formación del carbón comienza cuando la vegetación es enterrada y descompuesta, en parte, formando la turba. La capa de sedimentos que se deposita encima comprime la turba y la transforma en lignito (carbón pardo). A medida que los sedimentos se acumulan aumenta la presión y la temperatura transformando el lignito en carbón bituminoso y antracita. El petróleo y el gas generalmente se forman a partir de materias orgánicas depositadas en los sedimentos marinos. Bajo los efectos del calor y la presión, la materia orgánica comprimida experimenta complejas reacciones químicas que la convierten en petróleo y gas. El petróleo y gas se filtran hacia arriba a través de rocas permeables saturadas de agua y pueden ascender a la superficie terrestre o bien acumularse bajo un estrato impermeable de roca que haya sido plegada o fallada, formando lo que se conoce como una bolsa (una bolsa anticlinal, por ejemplo). Los minerales son substancias inorgánicas que pueden componerse de un elemento químico simple, como el oro, la plata o el cobre, o combinaciones de ellos. Algunos minerales están concentrados en zonas mineralizadas, asociadas con movimientos de placas o actividad volcánica. Otros pueden encontrarse en sedimentos como los depósitos de aluviones auríferos, acumulaciones de alta densidad mineral que han sido meteorizados fuera de las rocas, transportados y depositados (en los lechos de los ríos, por ejemplo).



PLATAFORMA PETROLÍFERA, MAR DEL NORTE

FORMACIÓN DEL CARBÓN

Vegetación

Se incrementan los estratos de sedimentos depositados encima

Se incrementan la presión y temperatura

Turba (con un 60% aproximado de carbono)

TURBA

Se incrementan los estratos de sedimentos depositados encima

Se incrementan presión y temperatura

Lignito (con un 70% aproximado de carbono)

LIGNITO (CARBÓN PARDO)

Carbón bituminoso (con un 80% aproximado de carbono)

CARBÓN BITUMINOSO

ETAPAS EN LA FORMACIÓN DEL CARBÓN



MATERIA VEGETAL



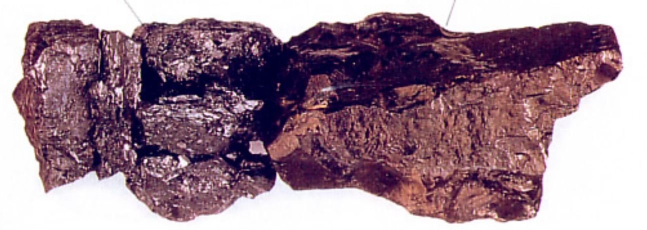
TURBA



LIGNITO (CARBÓN PARDO)

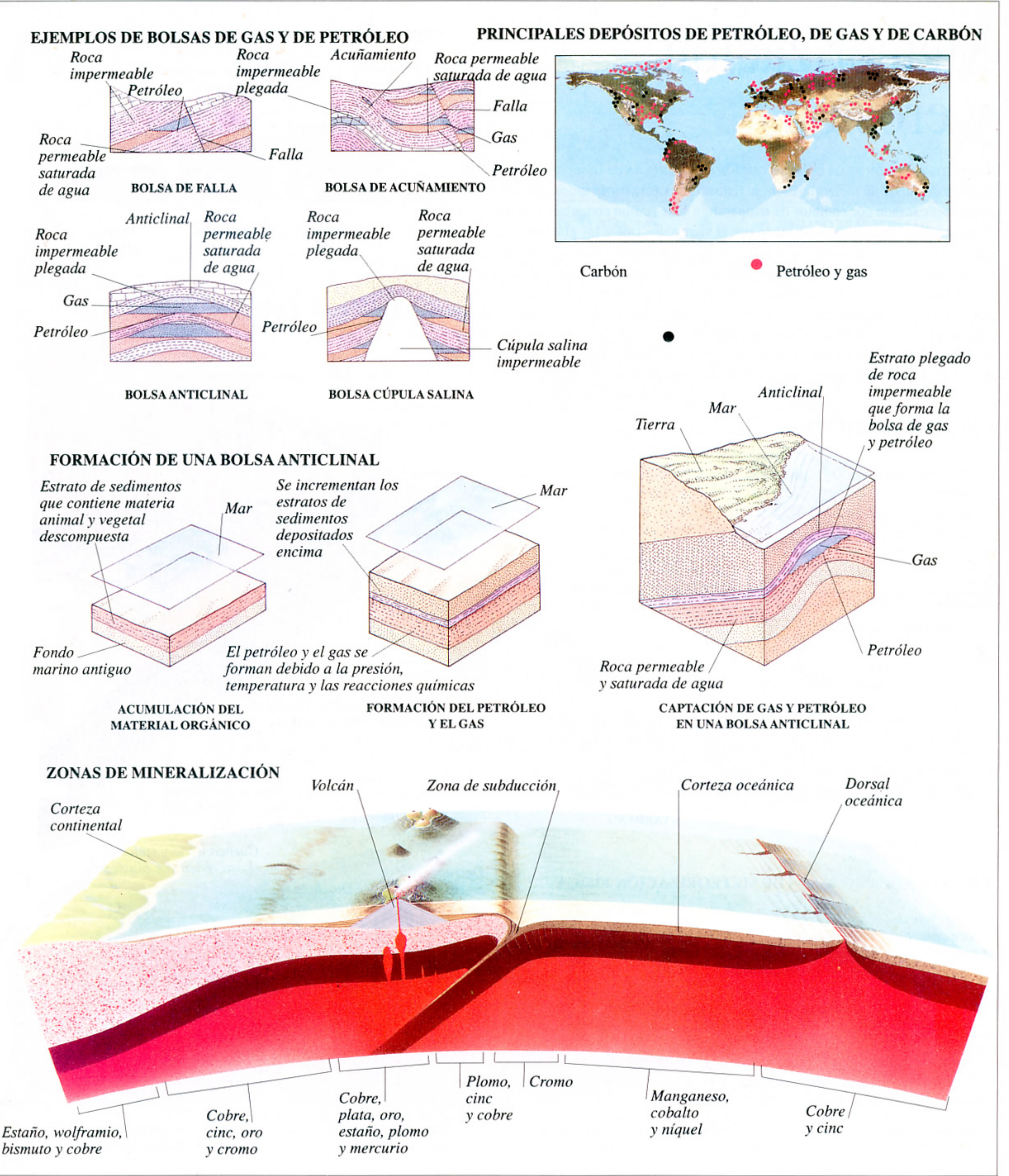


CARBÓN BITUMINOSO





ANTRACITA

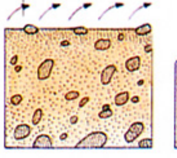

EJEMPLOS DE BOLSAS DE GAS Y DE PETRÓLEO
Roca impermeable
Petróleo
Roca impermeable plegada
Acuñamiento
Roca permeable saturada de agua
Falla
Gas
Petróleo
Roca permeable saturada de agua
Falla
BOLSA DE FALLA
BOLSA DE ACUÑAMIENTO
Anticlinal
Roca permeable saturada de agua
Roca impermeable plegada
Gas
Petróleo
Roca impermeable plegada
Roca permeable saturada de agua
Petróleo
Cúpula salina impermeable
BOLSA ANTICLINAL
BOLSA CÚPULA SALINA
PRINCIPALES DEPÓSITOS DE PETRÓLEO, DE GAS Y DE CARBÓN
Carbón
Petróleo y gas
FORMACIÓN DE UNA BOLSA ANTICLINAL
Estrato de sedimentos que contiene materia animal y vegetal descompuesta
Mar
Fondo marino antiguo
Se incrementan los estratos de sedimentos depositados encima
Mar
El petróleo y el gas se forman debido a la presión, temperatura y las reacciones químicas
Tierra
Mar
Anticlinal
Estrato plegado de roca impermeable que forma la bolsa de gas y petróleo
Gas
Petróleo
Roca permeable y saturada de agua
ACUMULACIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO
FORMACIÓN DEL PETRÓLEO Y EL GAS
CAPTACIÓN DE GAS Y PETRÓLEO EN UNA BOLSA ANTICLINAL
ZONAS DE MINERALIZACIÓN
Corteza continental
Volcán
Zona de subducción
Corteza oceánica
Dorsal oceánica
Estaño, wolframio, bismuto y cobre
Cobre, cinc, oro y cromo
Cobre, plata, oro, estaño, plomo y mercurio
Plomo, cinc y cobre
Cromo
Manganeso, cobalto y níquel
Cobre y cinc

Meteorización y erosión

La meteorización es la descomposición de las rocas de la superficie terrestre. Existen dos tipos de meteorización: la física (o mecánica) y la química. La meteorización puede ser causada por cambios de temperatura -tales como congelación y fusión- o por la abrasión del material transportado por el viento, los ríos y los glaciares. Las rocas también pueden ser erosionadas por la acción de animales o plantas, como sucede cuando los animales o las raíces perforan el suelo. La meteorización química causa la descomposición de las rocas a causa de los cambios que ocurren en su composición química; por ejemplo, las precipitaciones pueden disolver ciertos minerales en las rocas. La erosión es la destrucción por desgaste y la remoción de las superficies terrestres por causa del agua, el viento o el hielo. La erosión es mayor en las áreas pobres o desprovistas de vegetación, como las desérticas, donde pueden formarse dunas de arena.

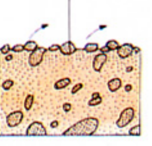
FORMACIÓN DE UNA HAMADA (DESIERTO PÉTREO)

El viento dispersa partículas pequeñas



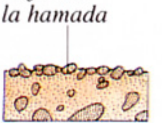
PRIMERA FASE

Las partículas mayores se van agregando



SEGUNDA FASE

Se forma la hamada



FASE FINAL

LA METEORIZACIÓN Y LA EROSIÓN

Mesa (meseta de cima plana)
Cañón
Zeugen
Diaclasa
Roca dura
Roca poco compacta
Plataforma de roca dura
Derrubios de ladera (ladera cubierta de cantos rodados)
Abanico aluvial (cono aluvial)
Bajada (pendiente suave cubierta de roca suelta)
Cuenca llana y endorreica (hoya rellena de aluviones)

LA ACCIÓN DEL VIENTO

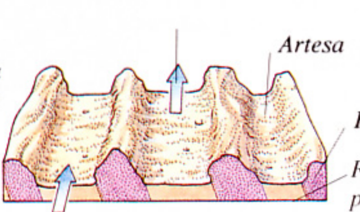
El viento arrastra arena
Roca en forma de hongo
Cuello
Roca blanda erosionada por la acción de la arena arrastrada por el viento

PEDESTAL DE ROCA

Arena arrastrada por el viento
Diaclasa ensanchada
Roca blanda



ZEUGEN

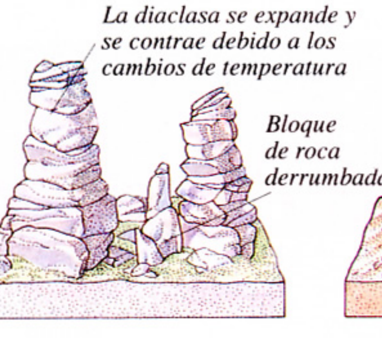


YARDANG

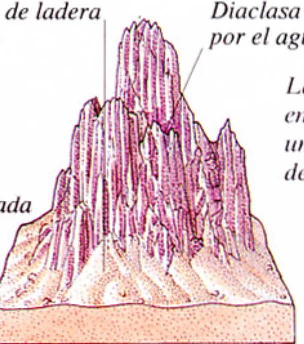
EJEMPLOS DE PROCESOS DE METEORIZACIÓN FÍSICA

La superficie de la roca calentada se expande
Cúpula de exfoliación
Roca desmenuzada
Derrubios desprendidos

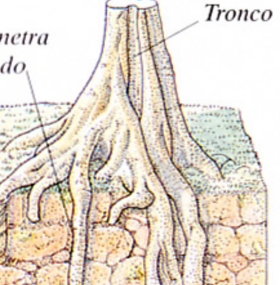
EXFOLIACIÓN (METEORIZACIÓN EN CASCOS DE CEBOLLA)



METEORIZACIÓN EN BLOQUES



METEORIZACIÓN POR LAS HELADAS



ACCIÓN DE LAS RAÍCES DE LOS ÁRBOLES

CORTE A TRAVÉS DE UNA DUNA BARCHÁN

Dirección de la arena arrastrada por el viento

Viento fuerte

Lado de barlovento

Dirección del movimiento de la arena

Viento débil

Plano de deslizamiento

Estrato primitivo

Estratificación cruzada

Estratos secundarios

Serie inferior de estratos

EJEMPLOS DE DUNAS DE ARENA

Dirección del viento

Duna en forma de media luna

DUNA BARCHÁN

Dirección del viento

Duna en ángulo recto con respecto al viento

MÉDANO TRANSVERSAL

Dirección del viento

Punto donde se concentra la arena arrastrada por el viento

DUNA EN ESTRELLA

Dirección del viento

Dunas paralelas

MÉDANO GRANDE Y ALARGADO (LINEAL)

Cañón

Guadi (aluvión seco)

Mesa (meseta de cima plana)

Derrubios en ladera

Cerro testigo (residuos de la mesa de cima plana)

Arco erosionado

Cerro residual en el borde de la ladera

Hamada (desierto pétreo)

Pedestal de roca

Duna barchán

Médano parabólico

Médano transversal

Médano grande y alargado (lineal)

Monte isla (colina aislada y de pendientes acentuadas)

Playa o desierto salino (lecho de lago desecado formado de sal o arcilla desecada)

Línea de falla

Lago de agua dulce

Oasis fértil

Garganta de deflación originada por la erosión del viento

Granito compacto

Cuesta (cresta asimétrica)

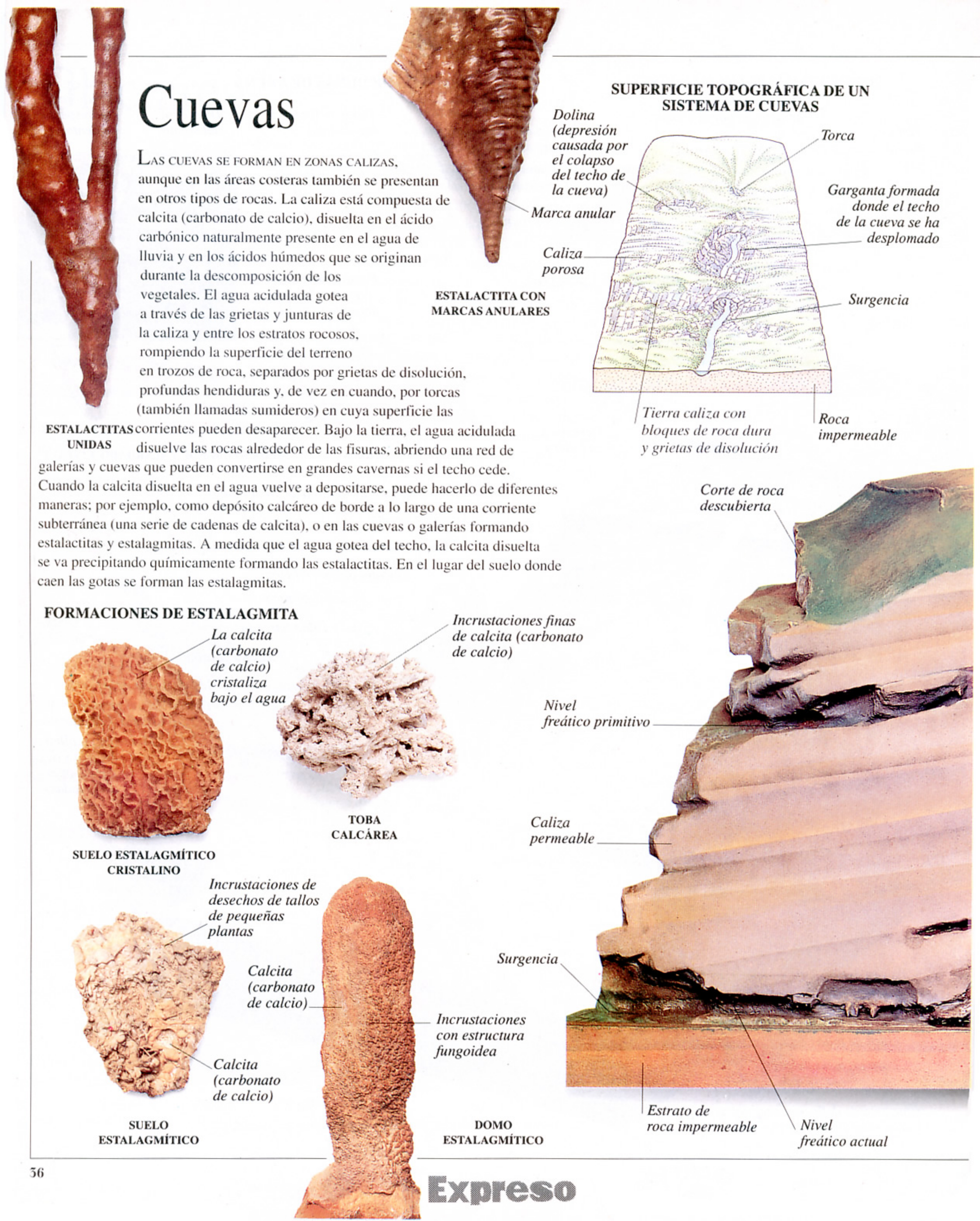
Línea de falla

Arenisca compacta

Hogback (cresta de pendiente acentuada)

Cuevas

LAS CUEVAS SE FORMAN EN ZONAS CALIZAS, aunque en las áreas costeras también se presentan en otros tipos de rocas. La caliza está compuesta de calcita (carbonato de calcio), disuelta en el ácido carbónico naturalmente presente en el agua de lluvia y en los ácidos húmedos que se originan durante la descomposición de los vegetales. El agua acidulada gotea a través de las grietas y junturas de la caliza y entre los estratos rocosos, rompiendo la superficie del terreno en trozos de roca, separados por grietas de disolución, profundas hendiduras y, de vez en cuando, por torcas (también llamadas sumideros) en cuya superficie las corrientes pueden desaparecer. Bajo la tierra, el agua acidulada disuelve las rocas alrededor de las fisuras, abriendo una red de galerías y cuevas que pueden convertirse en grandes cavernas si el techo cede. Cuando la calcita disuelta en el agua vuelve a depositarse, puede hacerlo de diferentes maneras; por ejemplo, como depósito calcáreo de borde a lo largo de una corriente subterránea (una serie de cadenas de calcita), o en las cuevas o galerías formando estalactitas y estalagmitas. A medida que el agua gotea del techo, la calcita disuelta se va precipitando químicamente formando las estalactitas. En el lugar del suelo donde caen las gotas se forman las estalagmitas.



ESTALACTITAS UNIDAS

ESTALACTITA CON MARCAS ANULARES

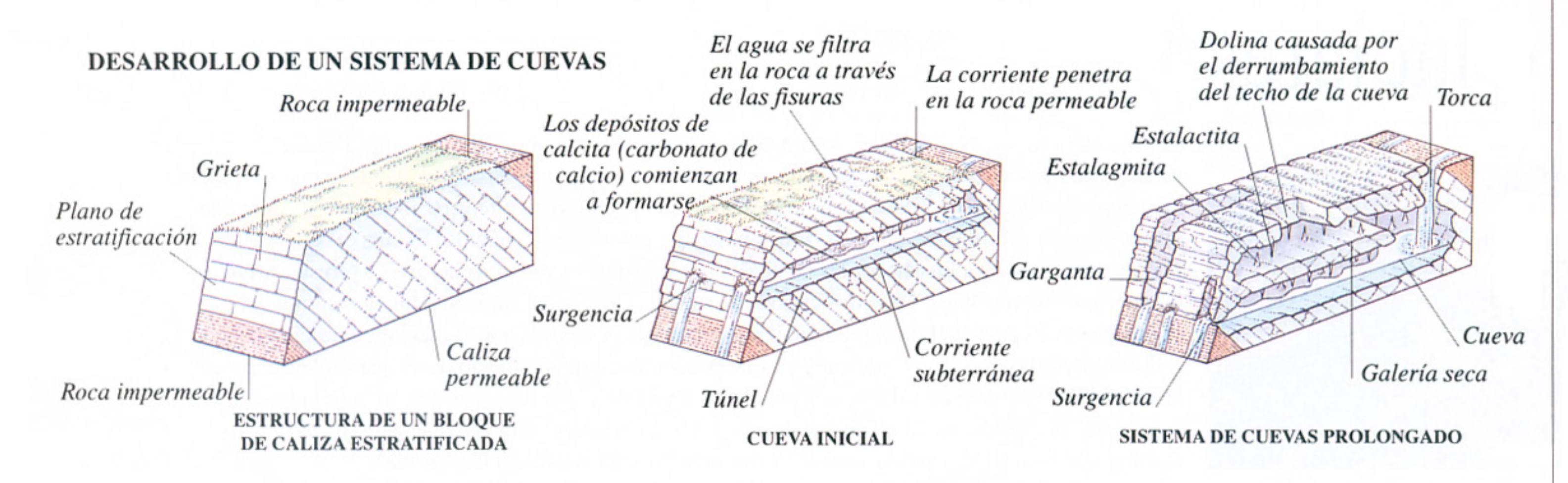
SUELO ESTALAGMÍTICO CRISTALINO

TOBA CALCÁREA

SUELO ESTALAGMÍTICO

DOMO ESTALAGMÍTICO

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CUEVAS



SISTEMA DE CUEVAS INTERCONECTADAS

Pilar (columna)

Garganta

Estalactita

Estalactita

Galería seca (primitivo curso de agua subterránea)

Depósito calcáreo de borde (serie de cadenas de calcita) formado por la deposición realizada por el agua corriente

Estalagmita

Grieta en la roca agrandada por el agua

Plano de estratificación

Cortina de calcita (carbonato de calcio) depositada

Túnel

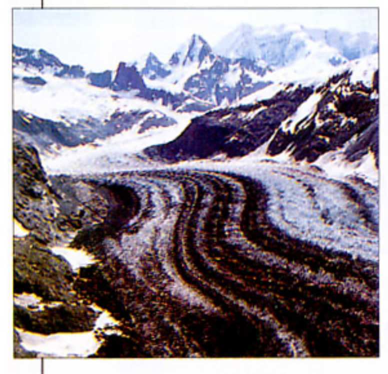
Cueva

Galería

Caverna

Depósito calcáreo de borde (serie de cadenas de calcita)

Glaciares



GLACIAR BAY, ALASKA

Un valle glaciar es una gran masa de hielo que se forma sobre la tierra y que a causa de su propio peso se desplaza lentamente montaña abajo. Se forma a partir de la nieve que se acumula en depresiones naturales, causadas por la erosión, conocidas como circos (o anfiteatros). A medida que la nieve se acumula, se va comprimiendo hasta transformarse en hielo. El circo es ahondado por la meteorización causada por las heladas y por la abrasión, mientras las aristas (crestas afiladas) comienzan a desarrollarse entre dos circos adyacentes. Cuando la cantidad de hielo acumulada en el circo es excesiva, el glaciar comienza a resbalarse. A medida que el glaciar va desciendiendo, arrastra morrenas (desechos o derrubios), que pueden fluctuar en tamaño desde partículas de polvo hasta grandes rodados. El valle es erosionado en forma de U por las rocas que arrastra la base del glaciar. A medida que el glaciar se desplaza, en el suelo del valle van quedando rocas aborregadas (acanaladas por la erosión) y drumlins (montículos alargados de roca o arcilla). El glaciar termina en su extremo inferior, donde el hielo se derrite tan pronto como llega. Si la temperatura sube, el hielo se derrite antes de llegar y el glaciar retrocede. La retirada del glaciar deja tras de sí morrena y erráticos (grandes piedras aisladas). Las corrientes glaciares formadas por el deshielo depositan eskers y kames (lomos y montones de arena y grava), pero trasladan finos sedimentos para formar una llanura estratificada. Montones de hielo trasladados a esa llanura se funden originando cavidades profundas, denominadas hoyas

VALLE GLACIAR

Morrena lateral
Laguna de agua originaria de la fusión del glaciar
Morrena mediana
Errático en suspensión
Picacho
Corriente de agua líquida dentro del glaciar
Cueva
Arista
Valle suspendido
Glaciar fundiéndose
Corriente
Lago al borde del hielo
Catarata
Morrena terminal
Lado escarpado del valle en forma de U
Río con varios brazos que vuelven a unirse
Acarreos glaciáricos
Lago terminal
Corriente de agua originaria de la fusión del glaciar
Rocas aborregadas
Lago

VALLE POST-GLACIAR

Sedimento hundido
Drumlin
Fondo del valle descubierto
Rocas aborregadas
Picacho de la montaña
Arista
Terraza glaciárica
Esker
Errático
Terraza lacustre
Corriente post-glaciárica
Delta glaciárico
Hoya
Morrena terminal
Lago glaciárico en forma de marmita
Lado escarpado del valle en forma de U
Terraza fluvio-glaciárica
Cantos de arcilla
Kame
Rocas aborregadas
Abanico fluvio-glaciárico

Morrena mediana
Errático en suspensión
Extremo inferior del glaciar
Morrena de empuje
Morrena terminal
Rocas aborregadas

DESCRIPCIÓN DE UN GLACIAR

Circo (circo glaciárico)
Neviza (nieve comprimida)
Arista (cresta glaciárica)
Glaciar tributario
Hielo en movimiento
Valle en forma de U
Morrena lateral
Morrena mediana
La morrena tributaria se une con la morrena mediana
Corriente subglaciar
El hielo erosiona la roca
Capa de hielo quebradizo
Corriente de hielo viscoso
Morrena endoglaciárica
Grieta en el glaciar
Lago acintado
Llanura fluvio-glaciar
Sedimentos depositados por el agua de fusión de nieves
Agua de fusión de nieves
Corriente

ALUD

Pendiente suave
Superficie lisa
Pendiente acentuada
La pendiente se aplana
Superficie más abrupta
La grieta en el hielo se ahonda y ensancha
El hielo se rompe en bloques
El hielo se vuelve a comprimir
Los bloques de hielo se inclinan y se entremezclan

FORMACIÓN DEL CIRCO

Neviza (nieve comprimida)
Material desprendido meteorizado por las heladas
Nieve recién caída

FASE TEMPRANA

Morrena arrancada del suelo
Pared trasera escarpada
Glaciar
Base del circo erosionada por la acción de rozamiento del glaciar
Borde de la roca

ÚLTIMA FASE

FORMACIÓN DEL VALLE EN FORMA DE U

Arista (cresta glaciárica)
Picacho
Glaciar
El circo rebosa

DURANTE LA GLACIACIÓN

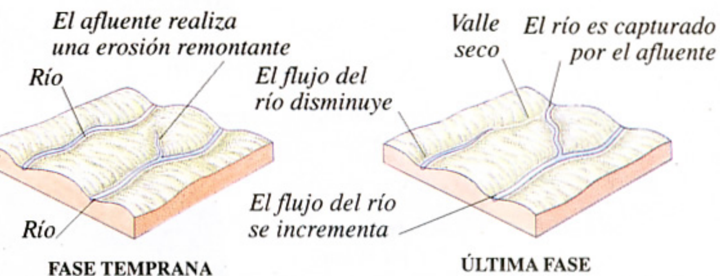
Circo ahondado
Profundo valle en U
Valle suspendido
Ibón

DESPUÉS DE LA GLACIACIÓN

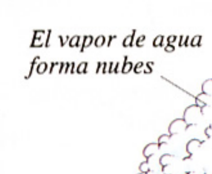
Ríos

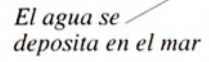
Los ríos forman parte del ciclo hidrológico, la continua circulación del agua entre la tierra, el mar y la atmósfera. La fuente de un río puede ser un manantial de montaña o un lago o el deshielo de un glaciar. El curso que toma el río depende de la inclinación del terreno y del tipo de roca que compone el lecho y las formaciones sobre las cuales fluye. En estas primeras etapas el río fluye por planicies desde las que brinca con fuerza sobre rocas y grandes piedras moldeando un valle de precipicios y paredes escarpadas en forma de V. Más lejos, corriente abajo, fluye suavemente sobre sedimentos y serpentea en espiral erosionando las riberas, creando extensos valles y planicies. Al alcanzar la costa el río puede depositar sedimentos para formar un estuario o un delta (páginas siguientes).

CAPTURA DE UN RÍO



EL CICLO HIDROLÓGICO





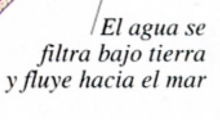
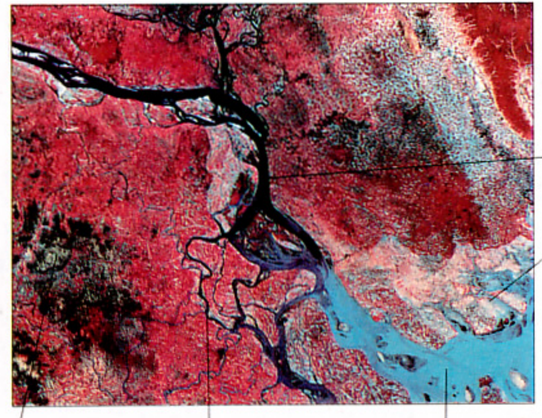


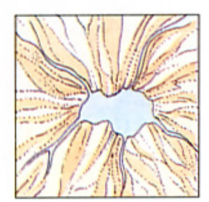
IMAGEN SATELITAL DEL DELTA DEL RÍO GANGES, EN BANGLADESH



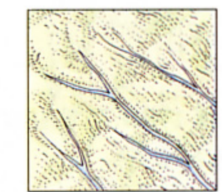
CONFIGURACIONES DE AVENAMIENTO (DRENAJE) DE UN RÍO



RADIAL



CENTRÍPETA



PARALELA



DENDRÍTICA



DESCOMPUESTA



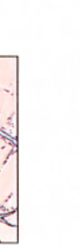
EN ESPALDERA

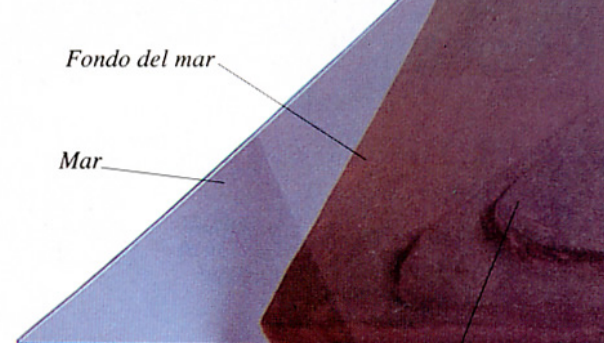


ANULAR



RECTANGULAR





ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN RÍO

Divisoria de dos avenamientos fluviales

Cárcava

Morrena mediana

Glaciar

Cabecera del valle

Montaña de roca impermeable

Espolón interponiéndose

Frente del glaciar

Valle en V

Morrena terminal

Corriente tributaria

Agua originaria de la fusión de la nieve

Rápidos

Lago

Acantilado sobre el río

Cascada

Peñascos erosionados

Orilla interior baja

Marmita de gigante (hoya de enorme tamaño)

Orilla exterior escarpada

Llanura aluvial

Meandro

Ribera alta del río

Lago semilunar (meandro abandonado)

Tómbolo

Dique

Distributario

Acantilado

Playa

Delta

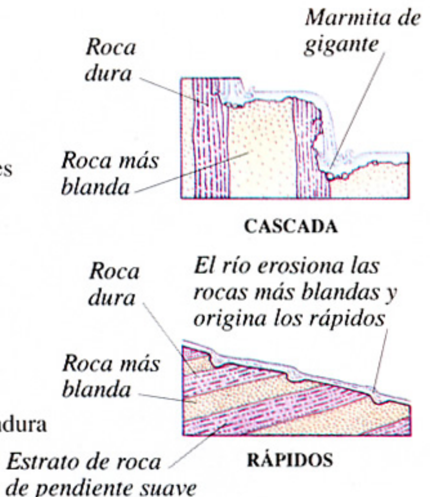
Las partículas sedimentarias más grandes se depositan cerca de la costa

Las partículas sedimentarias más pequeñas son transportadas más allá de la desembocadura del río

El curso del río

Los ríos son una de las principales fuerzas que dan forma al paisaje terrestre. Cerca de su fuente, la corriente del río es tan fuerte que erosiona su lecho, cavando un escarpado valle en forma de V y profundas gargantas. Los saltos de agua y los rápidos se forman cuando el río fluye desde una roca dura hasta otra más blanda y por eso más fácilmente erosionable. Más lejos, corriente abajo, serpentea en espiral (forma meandros) provocando una mayor erosión en las orillas, la que origina valles bastante anchos. Frecuentemente el río erosiona a través del cuello de un meandro formando un lago semicircular o recodo. Los sedimentos depositados sobre el suelo del valle por los serpenteantes ríos y durante las crecidas o inundaciones ayudan a formar una planicie aluvial. Las inundaciones pueden depositar sedimentos en las orillas de los ríos, originando riberas o malecones. A medida que el río desemboca en el mar o en un lago va depositando gran cantidad de sedimentos que pueden formar un delta. Un delta es una zona de bancos de arena, pantanos y lagos a través de la cual el río fluye en diferentes direcciones que reciben el nombre de brazos o distributarios, como, por ejemplo, el delta del Mississippi. A menudo una elevación del nivel del mar puede causar la inundación de la desembocadura del río, la que provoca la formación de un gran estuario, una zona afectada por las mareas donde el agua de mar se mezcla con el agua dulce.

FORMACIÓN DE LAS CASCADAS Y LOS RÁPIDOS



SISTEMA DE DRENAJE DE UN VALLE FLUVIAL

Erosión remontante
Cascada
Garganta
Garganta escarpada excavada por el río
Montaña
GARGANTA
Tómbolo sedimentario
Llanura aluvial
Corriente
INTERCOMUNICACIÓN
Meandro encajado
Intercomunicación
Lago
Terraza fluvial
Dique
El río erosiona de manera ascendente
EROSIÓN REMONTANTE
El río erosiona corriente abajo
Puente natural
Meandro
Acantilado escarpado
MEANDRO ENCAJADO
Meandro antiguo
Puente
Río
PUENTE NATURAL
Lago semilunar (meandro abandonado)
Lago
Desembocadura del río
Sedimentos depositados en el fondo marino

LA CASCADA

Roca dura
Isla
Río
Roca dura
Roca socavada por remolinos de cantos rodados
Marmita de gigante
Roca más blanda
Roca socavada por remolinos de cantos rodados

Llanura aluvial actual
Río
Dique formado por los sedimentos depositados durante las inundaciones
Sedimentos

DIQUE

Río
Llanura aluvial actual
Terraza más antigua (restos de una llanura aluvial previa)
Sedimentos

TERRAZA FLUVIAL

Llanura aluvial
Bahía
Acantilado marino
Mar

EL DELTA DEL MISSISSIPPI

Río Mississippi
Dique
Distributario
Tómbolo
Pantano
Hilo de sedimentos
Mar
Dique
Bahía de agua dulce
Espolón arenoso
Hilo de sedimentos

FORMACIÓN DE UN DELTA

Distributario
Laguna
Sedimentos depositados por el río
Río
Mar
Dique

FASE INICIAL

Depósito más primitivo de sedimentos
Lecho de roca firme
Depósito más reciente de sedimentos
Mar

SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN DELTA

Distributario
Laguna
Barra
Sedimentos depositados por el río
Mar
Río
Dique
Pantano relleno de sedimentos
Dique
Espolón arenoso

FASE MEDIA

Río
Sedimentos depositados por el río
Distributario
Laguna
Dique
Pantano rellenado por sedimentos
Laguna
Mar

FASE FINAL



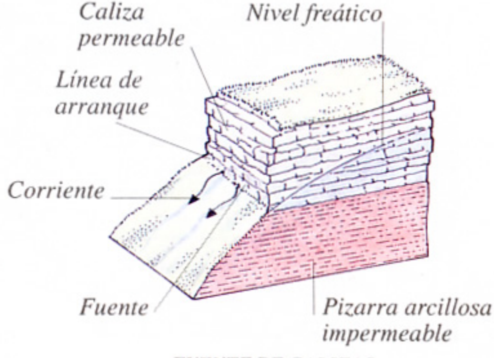
Lagos y aguas subterráneas

Los lagos naturales se originan en una cavidad horadada en roca impermeable, donde se acumula una gran cantidad de agua o bien en aquellos lugares en donde el agua es impedida de salir a causa de la obstrucción de un dique, una morrena (depósito de sedimentos glaciares) o lava sólida. Los lagos suelen ser accidentes de terreno con una vida relativamente corta, debido a que tienden a llenarse con cieno y sedimentos procedentes de las corrientes y los ríos que los alimentan. Algunos de los lagos más grandes y duraderos se encuentran en profundos valles agrietados, formados por movimientos verticales de la corteza terrestre; como, por ejemplo, el Baikal en Rusia, el lago de agua dulce más grande del mundo, y el Mar Muerto, en Medio Oriente, uno de los más salados de la Tierra. En los lugares donde corre, el agua penetra en la tierra hasta que llega a un estrato de roca impermeable, acumulándose sobre él en rocas permeables. Estas rocas permeables y saturadas de agua reciben el nombre de acuífero. La zona de saturación varía en profundidad de acuerdo a los cambios climáticos y estacionales. En condiciones de humedad, el agua almacenada bajo tierra aumenta, mientras disminuye en períodos secos. En el lugar donde se encuentra el nivel superior de la zona saturada -nivel freático o hidrostático- con la superficie terrestre, el agua acumulada emerge en forma de fuente o manantial. En una cuenca artesiana, donde el acuífero está por debajo de la capa de roca impermeable (acuicluso), el nivel hidrostático de la cuenca se determina por su altura con respecto al borde. En el centro de dicha cuenca el nivel freático se encuentra por encima del nivel del terreno. El agua de la cuenca queda, de ese modo, atrapada bajo el nivel freático, y por su propia presión puede ascender a lo largo de las fallas del terreno saliendo por pozos o manantiales.

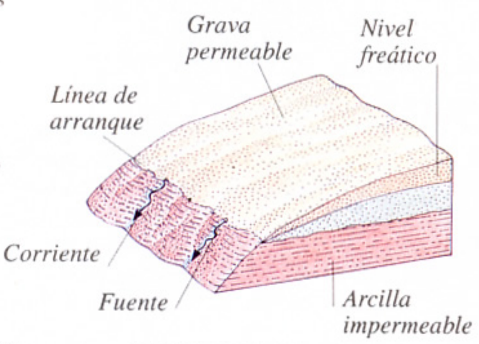


LAGO BAIKAL, RUSIA

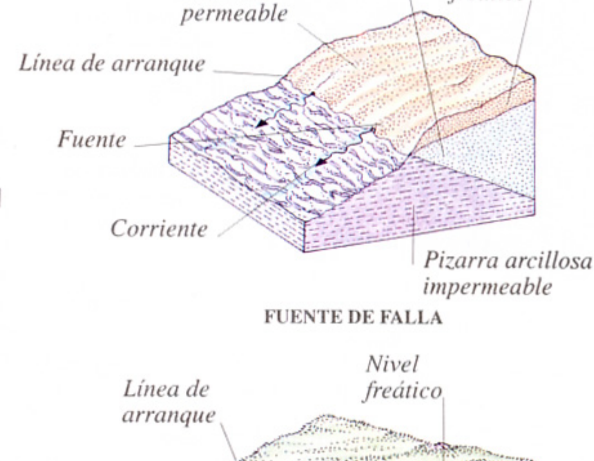
EJEMPLOS DE FUENTES



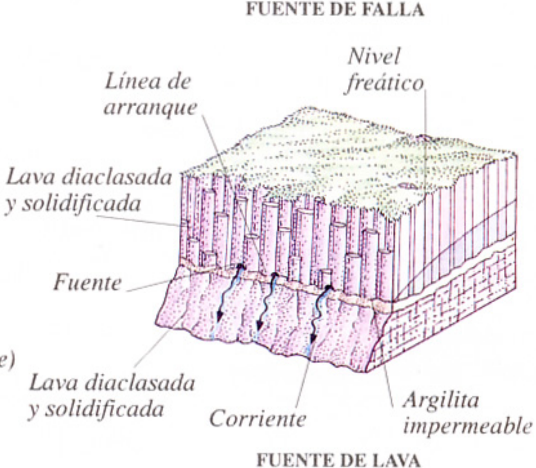
FUENTE DE CALIZAS



FUENTE COSTERA (DE VALLE)

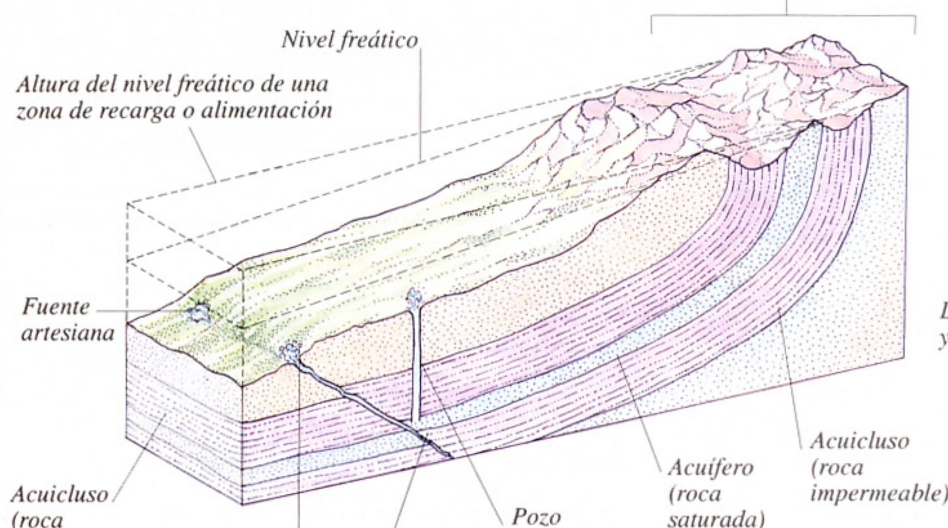


FUENTE DE FALLA



FUENTE DE LAVA

ESTRUCTURA DE UNA CUENCA ARTESIANA



SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Zona de ventilación

Lago

Corriente

Estrato de suelo húmedo

Zona de ventilación

Marisma

Zona capilar

Nivel freático

Zona de saturación

CORTE VERTICAL DE LA CAPA SUPERFICIAL

Nivel freático en temporada seca

Zona de saturación permanente (saturada en períodos secos y húmedos)

Zona de saturación temporal (saturada sólo en períodos húmedos)

Nivel freático actual (temporada húmeda)

EL MAR MUERTO, ISRAEL/JORDANIA

Río Jordán

Mar Muerto

Muros escarpados en la fosa tectónica

Sal depositada por la evaporación

Israel

Aguas someras

Jordania

EJEMPLOS DE LAGOS

Depósitos glaciares

Lago situado en una hoya en forma de marmita (emplazamiento primitivo del bloque de hielo)

LAGO GLACIARICO DE MARMITA

Lago semilunar (meandro abandonado)

Río

LAGO SEMILUNAR

Caldera (cráter derrumbado)

Lago volcánico

LAGO VOLCÁNICO

Movimiento a lo largo de la falla rumbo-deslizante (lateral)

Falla rumbo-deslizante (lateral)

Lago situado en una sima alargada

LAGO DE FALLA RUMBO-DESLIZANTE (LATERAL)

Fosa tectónica o rift valley

Valle de paredes altas

Fosa de hundimiento (bloque fallado)

LAGO GRABEN (LAGO DE FOSA)

Pared trasera escarpada erosionada por la escarcha y el hielo

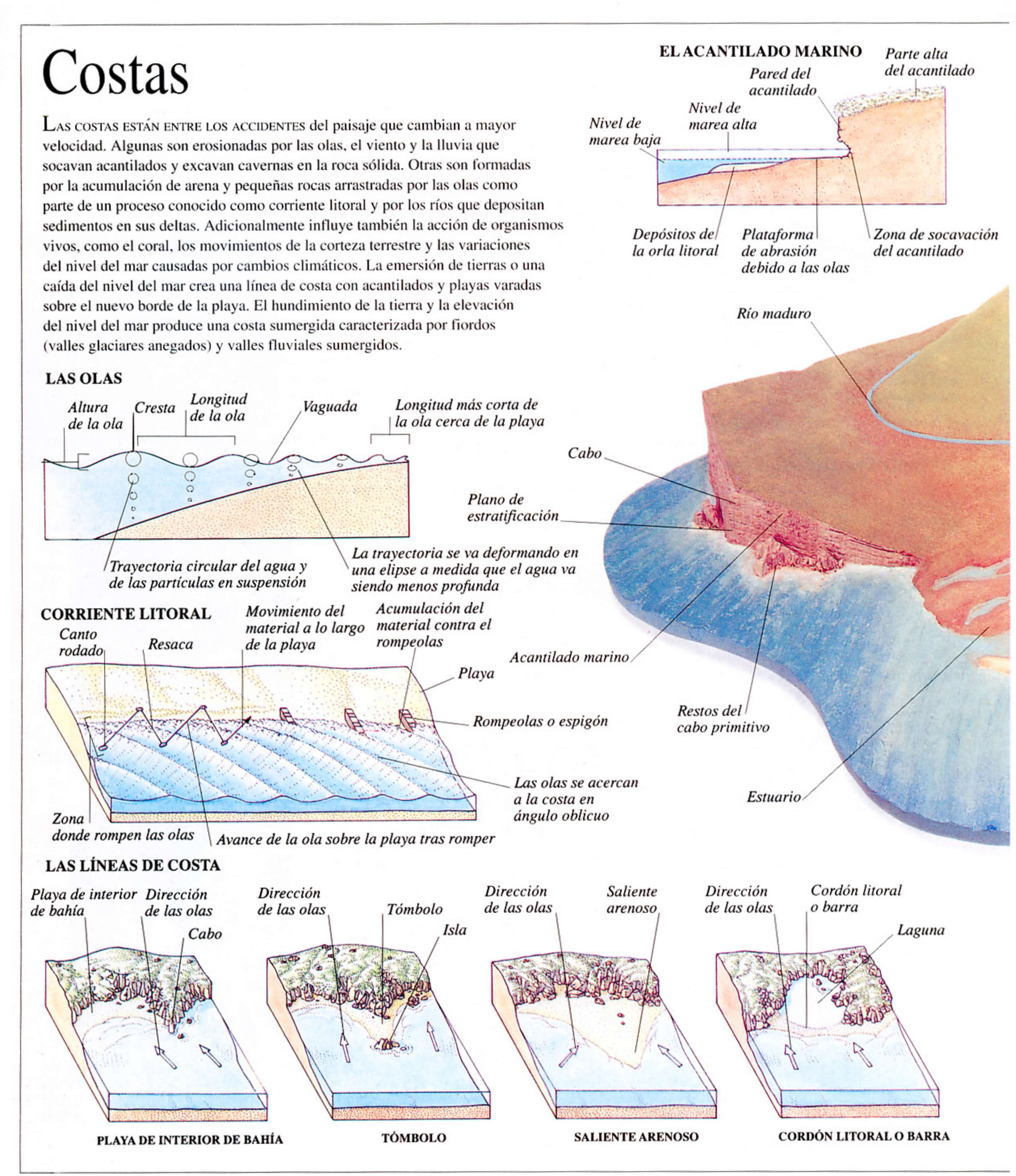
Morrena o lago de ladera en el borde de la roca

Ibón (lago montañoso circular)

IBÓN

Costas

LAS COSTAS ESTÁN ENTRE LOS ACCIDENTES del paisaje que cambian a mayor velocidad. Algunas son erosionadas por las olas, el viento y la lluvia que socavan acantilados y excavan cavernas en la roca sólida. Otras son formadas por la acumulación de arena y pequeñas rocas arrastradas por las olas como parte de un proceso conocido como corriente litoral y por los ríos que depositan sedimentos en sus deltas. Adicionalmente influye también la acción de organismos vivos, como el coral, los movimientos de la corteza terrestre y las variaciones del nivel del mar causadas por cambios climáticos. La emersión de tierras o una caída del nivel del mar crea una línea de costa con acantilados y playas varadas sobre el nuevo borde de la playa. El hundimiento de la tierra y la elevación del nivel del mar produce una costa sumergida caracterizada por fiordos (valles glaciares anegados) y valles fluviales sumergidos.



LA LÍNEA DE COSTA

Afluente

Desembocadura del río influida por las mareas

Caleta

Plano de estratificación

Derrubios de roca

Acantilado desprendido

Acantilado marino

Dintel

Peñasco costero en forma de columna

Arco

Caverna marina

Bahía

Playa de peñascos

Pilar

Sedimentos depositados por la corriente litoral

Flecha o espolón arenoso

Laguna

Estero de estuario

FORMACIÓN DE UN PEÑASCO COSTERO

Cueva marina agrandada por la erosión

EROSIÓN DE LA CUEVA MARINA

El peñasco permanece

Cueva marina totalmente erosionada

DERRUMBAMIENTO DE LA CUEVA MARINA

LÍNEAS EMERGENTES DE COSTA

Plataforma de abrasión al descubierto

Playa colgada

Antiguo acantilado marino

Antigua cueva marina

Nuevo acantilado marino

Nueva playa

Nivel de marea alta

Nivel de marea baja

LÍNEA DE COSTA DE LAS TIERRAS ALTAS

Antigua línea de costa

Valle ahondado por un río que erosiona hasta alcanzar el nuevo nivel del mar

Nueva planicie costera

Nueva línea de costa

LÍNEA DE COSTA DE LAS TIERRAS BAJAS

LÍNEAS DE COSTA DE INMERSIÓN

Fiordo (valle glaciar sumergido)

Cordillera montañosa angular

LÍNEA DE COSTA DE UN FIORDO

Cordillera montañosa paralela a la costa

Estrecho marino (valle sumergido)

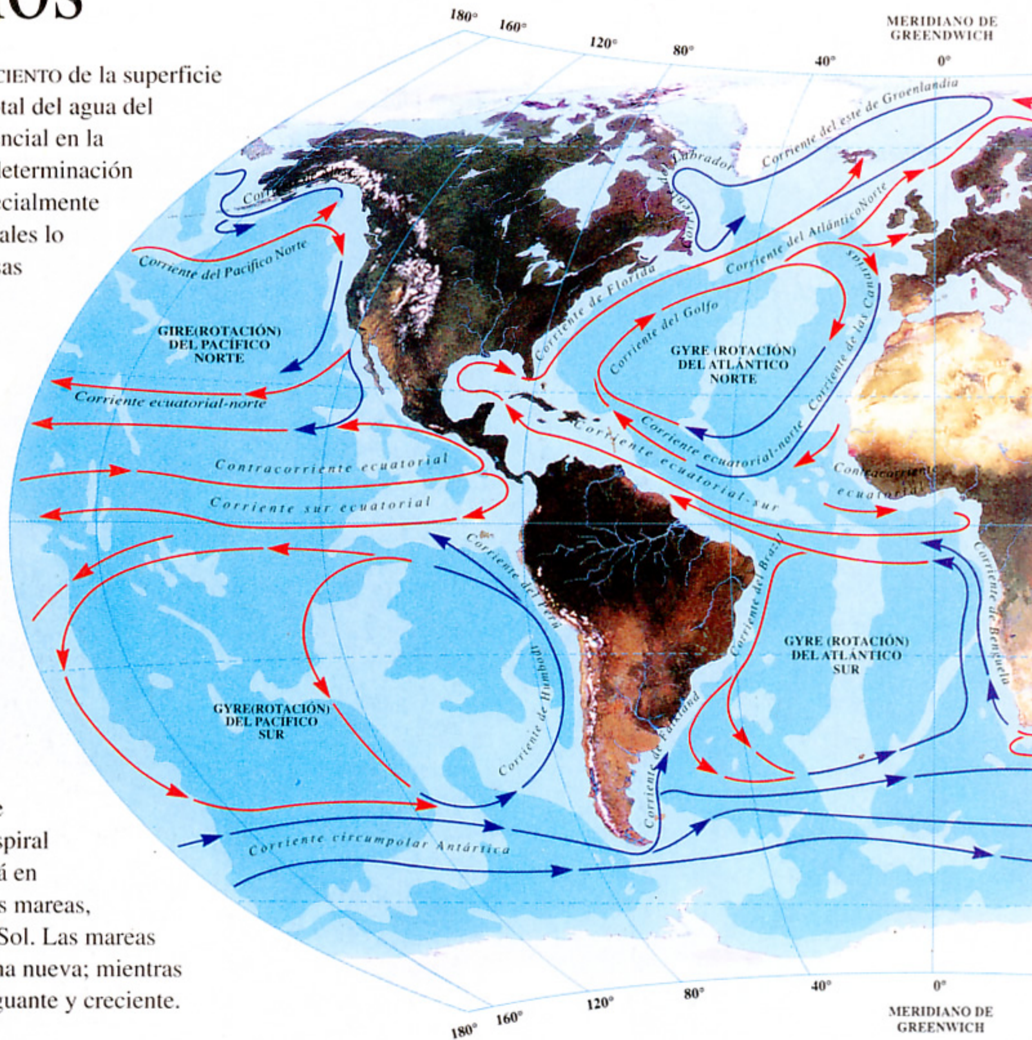
LÍNEA DE COSTA DÁLMATA/PACÍFICA

Mares y océanos

Los mares y océanos cubren cerca del 70 por ciento de la superficie terrestre, conteniendo cerca del 97 por ciento del total del agua del planeta. Estos océanos y mares juegan un papel esencial en la regulación de las temperaturas y en la variación y determinación del clima. Sus aguas absorben el calor del Sol, especialmente en las regiones tropicales y las co-rrientes superficiales lo distribuyen alrededor del globo, calentando las masas superiores de aire y tierras vecinas en invierno y enfriándolas en verano. Los océanos nunca están en calma. Diferencias de salinidad y temperatura originan un sistema de corrientes profundas, mientras las superficiales son generadas por la acción de los vientos que soplan sobre el océano. Todas las corrientes son desviadas como resultado de la rotación de la Tierra, hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur. Este factor de desviación se conoce como fuerza de Coriolis.

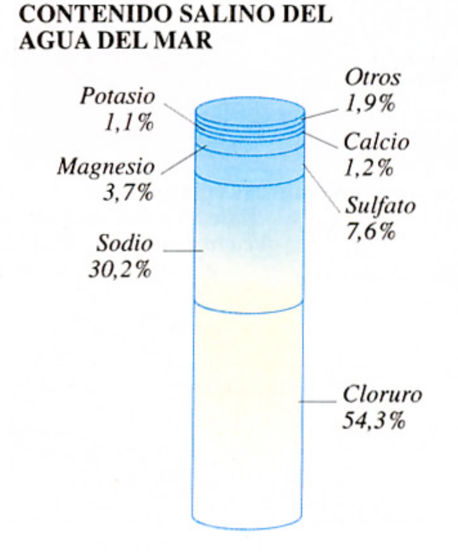
Una corriente originada en la superficie es inmediatamente desviada, a la vez que provoca otra corriente en la capa de agua inmediatamente inferior, la que también es desviada. A medida que el movimiento se transmite hacia abajo, las sucesivas desviaciones forman la espiral de Ekman. El agua de mares y océanos también está en movimiento debido al continuo flujo y reflujo de las mareas, causado por la fuerza gravitacional de la Luna y el Sol. Las mareas altas (vivas) se originan cuando hay luna llena y luna nueva; mientras que las más bajas (muertas) ocurren en cuarto menguante y creciente.

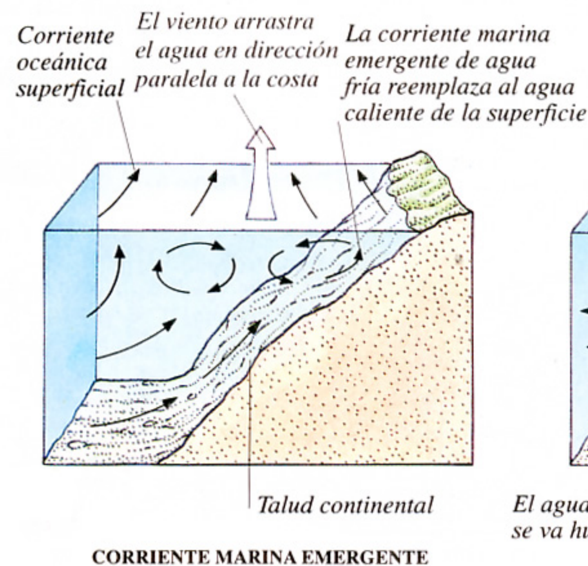
CORRIENTES SUPERFICIALES



CORRIENTES LITORALES

CONTENIDO SALINO DEL AGUA DEL MAR





CORRIENTE MARINA EMERGENTE DE AGUA FRÍA (HEMISFERIO SUR)

Corriente oceánica superficial

La formación de hielo flotante incrementa la salinidad y densidad del agua

El agua fría y densa se va hundiendo

Talud continental

AGUA DEL FONDO POLAR

40° 80° 120° 160° 180°

CÍRCULO POLAR ÁRTICO (66° 32' N)

Corriente Kuroshio

TRÓPICO DE CÁNCER (23° 30' N)

Corriente de deriva del monzón noroeste

Corriente ecuatorial-norte

Corriente ecuatorial-norte

Contracorriente ecuatorial

Contracorriente ecuatorial

ECUADOR (0°)

Corriente ecuatorial-sur

Corriente Agulhas

Corriente ecuatorial-sur

GYRE (ROTACIÓN) DEL SUR DE LA INDIA

Corriente del oeste de Australia

Corriente del este Australia

TRÓPICO DE CAPRICORNIO (23° 30' S)

CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO (66° 32's)

40° 80° 120° 160° 180°

EFECTO DE LA FUERZA DE CORIOLIS

Polo Norte

Los vientos y las corrientes son desviados hacia la derecha en el hemisferio norte

Fuerza de Coriolis

Ecuador

Los vientos y las corrientes son desviados hacia la izquierda en el hemisferio sur

Dirección original del viento o corriente

Dirección real del viento o corriente

Polo Sur

ESPIRAL DE EKMAN (HEMISFERIO NORTE)

Viento

Corriente superficial causada por el viento

Corriente submarina ligeramente desviada por la fuerza de Coriolis

Corriente profunda de 180° con respecto a la corriente superficial

Corriente de profundidad media un poco más desviada por la fuerza de Coriolis

CÓMO SE PRODUCEN LAS MAREAS

MAREA VIVA ALTA

Luna nueva

MAREA MUERTA BAJA

Último cuarto

Órbita de la Tierra

Tierra

Fuerza de atracción gravitatoria de la Luna

MAREA VIVA ALTA

Luna llena

Perturbación en la marea originada por la fuerza de atracción gravitatoria del Sol

Perturbación en la marea originada por la fuerza de atracción gravitatoria de la Luna

Perturbación en la marea de igual tamaño pero de dirección contraria producida por la fuerza centrífuga debido al giro de la Tierra

La fuerza de atracción gravitatoria del Sol refuerza el efecto centrífugo provocando una gran perturbación en la marea

Fuerza de atracción gravitatoria del Sol

MAREA MUERTA BAJA

La fuerza gravitatoria del Sol reduce el efecto de la Luna

Primer cuarto

Sol

Órbita de la Luna

Protuberancia en la marea en el lugar donde es mayor la fuerza de atracción gravitatoria de la Luna

Luna

El fondo oceánico

El fondo oceánico comprende dos secciones: la plataforma el talud continental y el fondo oceánico profundo. La plataforma y el talud continental forman parte de la corteza continental que se interna bastante más bajo el océano. Inclinándose suavemente hasta una profundidad cercana a los 140 metros, la plataforma continental está cubierta de depósitos de arena formada por olas y marejadas. Al borde de la plataforma continental el fondo marino desciende bruscamente hacia la llanura abisal, situada a una profundidad promedio de 3 mil 800 metros. En este profundo fondo oceánico existen capas de sedimentos formados por arcillas, materias de desecho y restos de pequeños organismos marinos y ocasionalmente ricos depósitos minerales. Sondeos acústicos y remotos realizados desde los satélites han revelado que la planicie abisal está dividida por un sistema de cordilleras mucho más alta que cualquiera de las que existen en la Tierra, denominada dorsal oceánica. Allí el magma (rocas fundidas) emerge desde el interior de la Tierra y se solidifica, ampliando el fondo oceánico. A medida que el suelo oceánico se expande los volcanes que se habían formado sobre los puntos calientes de la corteza se alejan de su fuente de magma, se extinguen y progresivamente se hunden y erosionan.
Los volcanes erosionados bajo el nivel del mar quedan como montes submarinos.
Los que sobresalen de la superficie en las aguas cálidas, a menudo se rodean de una franja de arrecifes de coral, que se convierte en atolón cuando el volcán se sumerge.

FONDO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Roca firme aflorada por la erosión de las mareas

Línea de marea baja

Bandas paralelas de material grueso dejado por corrientes de mareas vivas

Arena depositada en líneas onduladas por corrientes más débiles

Áreas irregulares de arena fina depositadas por las más débiles corrientes

EL FONDO OCEÁNICO

Sedimentos

Cañón submarino

Plataforma continental

Curso del río de lodo

Pendiente continental

Talud continental

Guyot (monte submarino tronco-cónico)

Monte submarino

Llanura abisal

Corteza continental

Lodo (sedimentos formados por restos de pequeñas criaturas marinas)

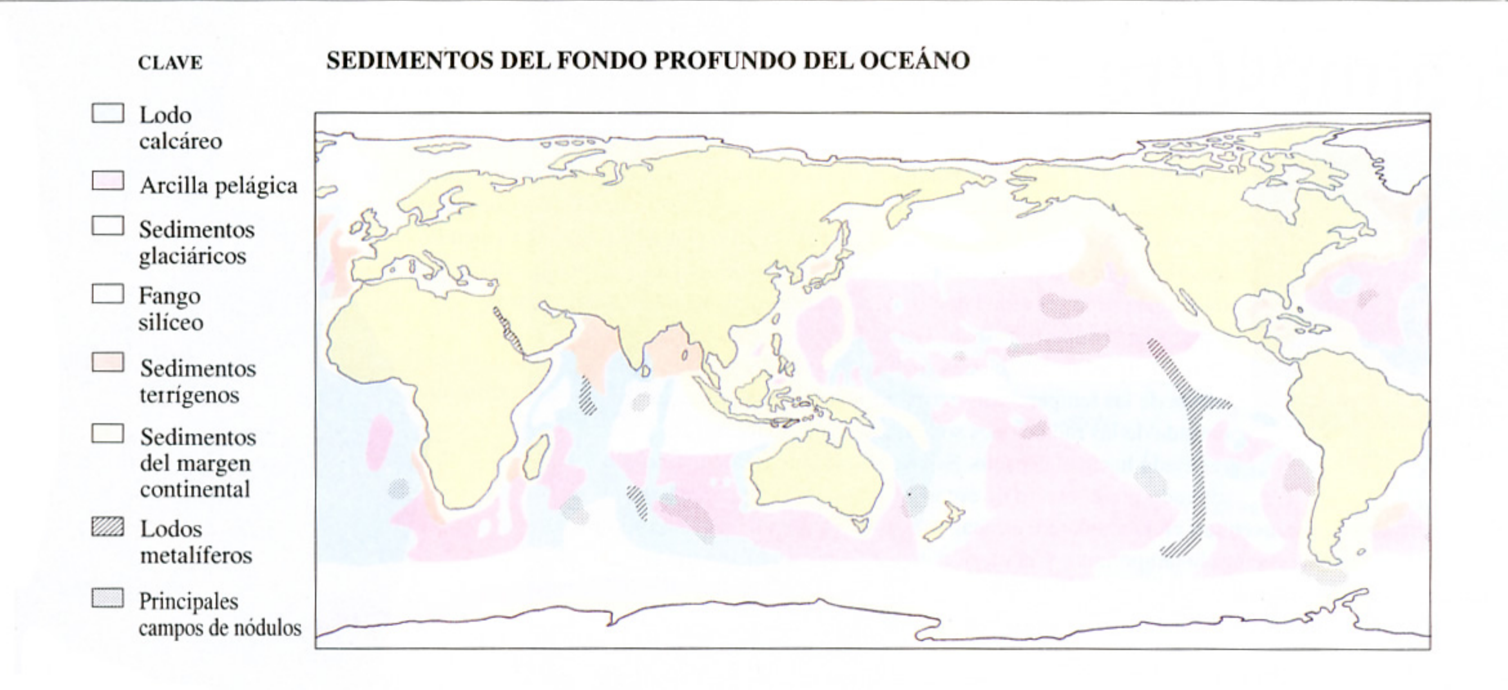
Estrato de roca volcánica

Lava almohadillada

Roca cristalina de origen volcánico

Corteza oceánica

SEDIMENTOS DEL FONDO PROFUNDO DEL OCEÁNO



PERFIL DE UN SONDEO ACÚSTICO (ECÓICO) DEL FONDO OCEÁNICO

La marca de suceso indica la sincronización con el equipo del estudio de campo

Ondulación de la arena

Oscilaciones de menor tamaño causadas por el movimiento del barco

Ondulación de la arena

Perfil del fondo marino

22 1493 22

Velocidad del sonido en el agua (1.493 m/seg.)

Código de referencia

Dorsal oceánica

Fosa oceánica

Magma (roca fundida)

Sedimentos

DESARROLLO DE UN ATOLÓN

Isla volcánica

El coral crece en la línea de costa

Nivel del mar

ARRECIFE COSTERO

Laguna

La isla volcánica erosionada se va hundiendo

El coral continúa creciendo y forma una barrera de arrecifes

BARRERA DE ARRECIFES

El coral continúa creciendo en el lugar donde las olas le llevan alimentos

Laguna

Coral muerto

La isla volcánica se sumerge

ATOLÓN

Coral sumergido a una profundidad a la que le es imposible crecer

La isla volcánica se sumerge más profundamente

ATOLÓN SUMERGIDO

La atmósfera


CORRIENTE TURBULENTA

La Tierra está rodeada por la atmósfera, que es una capa de gases que permite la existencia de la vida sobre el planeta. Esta capa no tiene un límite superior claramente determinado, sino que comienza a adelgazarse gradualmente mientras va siendo absorbida por el espacio exterior; salvo el 80 % de los gases de la atmósfera, retenidos por la gravedad dentro de una altura cercana a los 20 kilómetros, a partir de la superficie de la Tierra. La atmósfera bloquea muchas de las peligrosas radiaciones solares ultravioleta y aisla a la Tierra de las temperaturas extremas restringiendo tanto la entrada de las radiaciones solares como el escape del calor reflejado hacia el espacio. Este equilibrio natural puede ser alterado por el efecto invernadero, por el que gases como el anhídrido carbónico se concentran en la atmósfera atrapando más calor. Cerca de la superficie de la Tierra las diferencias entre la temperatura y la presión originan la circulación del aire desde el ecuador a los polos. Esta circulación, junto a la fuerza de Coriolis origina vientos predominantes en la superficie y las corrientes en chorro de los altos niveles.

Exosfera (a una altitud de unos 500 km.)
Corona
Termosfera (altitud entre 100-500 km.)
La capa de ozono absorbe las radiaciones ultravioletas procedentes del Sol
Mesosfera (altitud entre 50-100 km.)
Estratosfera (altitud entre 10-50 km.)
Troposfera (altitud de unos 10 km.)

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y VIENTOS

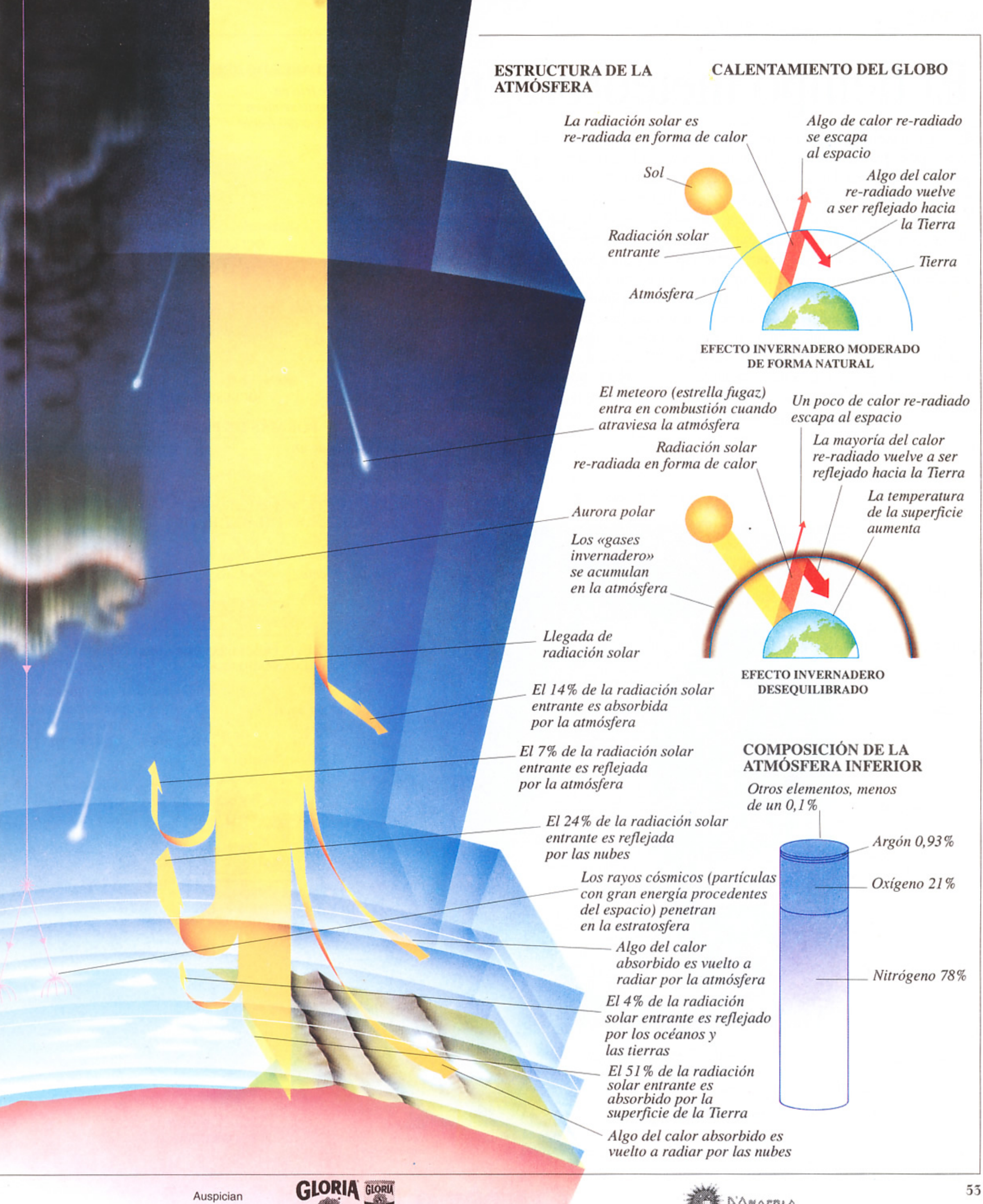
Polo Norte (altas presiones)
Rotación de la Tierra
Célula polar
Viento polar del este
Célula Ferrel
Zona de bajas presiones
Corriente turbulenta polar
Vientos del oeste
Corriente turbulenta subtropical
Zona de altas presiones
Célula de Hadley
Vientos alisios del noreste
Ecuador
Zona de convergencia (o frente) intertropical
El aire ecuatorial cálido asciende y se dirige hacia el polo
Vientos alisios del sureste
Zona de altas presiones
El aire se enfría y desciende
Vientos del oeste
Zona de bajas presiones
Polo Sur (altas presiones)
Viento polar del este

FORMACIÓN DE LAS ONDAS ROSSBY EN LA CORRIENTE TURBULENTA DEL FRENTE POLAR

La Gran Onda Rossby se desarrolla en el frente polar
Aire frío
Aire cálido
ONDULACIÓN INICIAL

Onda Rossby un poco más pronunciada
FASE MEDIA

Onda Rossby totalmente desarrollada
ONDA DESARROLLADA


ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA
El meteoro (estrella fugaz) entra en combustión cuando atraviesa la atmósfera
Aurora polar
Llegada de radiación solar
El 14% de la radiación solar entrante es absorbida por la atmósfera
El 7% de la radiación solar entrante es reflejada por la atmósfera
El 24% de la radiación solar entrante es reflejada por las nubes
Los rayos cósmicos (partículas con gran energía procedentes del espacio) penetran en la estratosfera
Algo del calor absorbido es vuelto a radiar por la atmósfera
El 4% de la radiación solar entrante es reflejado por los océanos y las tierras
El 51% de la radiación solar entrante es absorbido por la superficie de la Tierra
Algo del calor absorbido es vuelto a radiar por las nubes
CALENTAMIENTO DEL GLOBO
La radiación solar es re-radiada en forma de calor
Algo de calor re-radiado se escapa al espacio
Sol
Algo del calor re-radiado vuelve a ser reflejado hacia la Tierra
Radiación solar entrante
Tierra
Atmósfera
EFECTO INVERNADERO MODERADO DE FORMA NATURAL
Un poco de calor re-radiado escapa al espacio
Radiación solar re-radiada en forma de calor
La mayoría del calor re-radiado vuelve a ser reflejado hacia la Tierra
La temperatura de la superficie aumenta
Los «gases invernadero» se acumulan en la atmósfera
EFECTO INVERNADERO DESEQUILIBRADO
COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA INFERIOR
Otros elementos, menos de un 0,1%
Argón 0,93%
Oxígeno 21%
Nitrógeno 78%

El tiempo meteorológico

El tiempo meteorológico es definido como las condiciones atmosféricas en un determinado momento y lugar; el clima son las condiciones meteorológicas medias para una región determinada en el transcurso del tiempo. El tiempo meteorológico es determinado desde el punto de vista de temperatura, viento, nubosidad y precipitaciones tales como nieve y lluvia. El buen tiempo se asocia a zonas de altas presiones, donde el aire va descendiendo. El tiempo húmedo, nublado y variable es común en zonas de bajas presiones con aire ascendente e inestable. Tales condiciones se originan en latitudes templadas, donde el aire caliente se encuentra con el frío a lo largo de los frentes polares. Aquí se forman a menudo células de bajas presiones en forma de espiral, conocidas como depresiones atmosféricas (ciclones de latitud media). Una depresión atmosférica contiene generalmente un sector de aire más caliente, que comienza en un frente cálido y termina en uno frío. Si los dos frentes se unen, forman un frente ocluído y el aire caliente se eleva. El huracán (también llamado tifón o ciclón tropical) es la forma extrema de una célula de bajas presiones, que lleva consigo lluvias torrenciales y vientos excepcionalmente violentos.

TIPOS DE NUBES

CLASES DE FRENTES OCLUIDOS

OCLUSIÓN CÁLIDA

OCLUSIÓN FRÍA

FORMAS DE PRECIPITACIÓN

LLUVIA PROCEDENTE DE NUBES QUE NO HAN ALCANZADO EL NIVEL DE CONGELACIÓN

LLUVIA Y NIEVE PROCEDENTES DE NUBES QUE HAN ALCANZADO EL NIVEL DE CONGELACIÓN

GRANIZO

UN HURACÁN

Vientos de salida espiral de los niveles altos

Cirros de salida espiral

Corrientes descendentes de aire seco

Altitud de entre 10-15 km.

La tormenta se desplaza a una velocidad de entre 15-40 km/h. en la dirección del viento dominante

El aire cálido y húmedo es absorbido hacia el interior

Las velocidades más altas de los vientos (por encima de los 300 km/h.) se producen a unos 20 km. del ojo del huracán

Ojo (en calma, centro de muy bajas presiones)

Las precipitaciones más violentas se producen en los bordes del ojo del huracán

Bandas espirales de viento y lluvia

El vapor de agua procedente del mar alimenta los cúmulos

MAPA DEL TIEMPO

Centro de un área de altas presiones

Centro de un área de bajas presiones

Viento muy fuerte del sureste

Frente frío

Lluvia continua

Cielo nuboso

Viento suave del noroeste

Cielo muy nuboso

Cielo cubierto

Presión del aire de 1.026 milibares

Frente ocluido

Frente ocluido

Cielo parcialmente nuboso

Viento fuerte del noreste

Temperatura de 21 °C

Cielo nublado

Viento suave del sur

Temperatura del mar de 8 °C

Frente frío

Frente cálido

Calma

Cielo muy nuboso

Datos sobre la Tierra

PERFIL DE LA TIERRA

Distancia media del Sol (km)	149.600.000
Distancia máxima del Sol (km)	152.100.000
Distancia mínima del Sol (km)	147.100.000
Duración de un año (días)	365,26
Duración de un día (horas)	23,93
Campo de variación de la temperatura en la superficie (°C)	-83,3 a 58,0
Masa (millón de billones de toneladas)	5.976
Volumen (km^3)	1.083.230.000.000
Inclinación axial (graados)	23,5
Peso específico (agua = 1)	5,52
Diámetro polar (km)	12.714
Diámetro ecuatorial (km)	12.756
Circunferencia polar (km)	40.008
Circunferencia ecuatorial	40.075
Superficie total (km^2)	510.000.000
Superficie de tierra firme (km^2)	149.000.000
Tierra firme, % en el total de la superficie	29,2
Superficie de agua (km^2)	361.000.000
Agua, % total de la superficie	70,8
Punto más alto en tierra firme (m)	8.848
Punto más bajo en tierra firme (m por debajo del nivel del mar)	400
Altitud media de la tierra firme (m)	840
Profundidad oceánica mayor (m)	10.924
Profundidad oceánica media (m)	3.808
Espesor de la corteza oceánica (km)	6
Espesor de la corteza continental (km)	40
Espesor del manto (km)	2.800
Espesor del núcleo externo (km)	2.300
Espesor del núcleo interno (km)	2.400
Edad aproximada de la Tierra (millones de años)	4.600



MARES Y OCÉANOS

	Nombre	Superficie (km^2)	Profundidad media (m)
LOS MÁS GRANDES Y PROFUNDOS	Océano Pacífico	116.229.000	4.028
	Océano Atlántico	86.551.000	3.926
	Océano Índico	73.422.000	3.963
	Océano Ártico	13.223.000	1.205
	Mar del sur de China	2.975.000	1.652
	Mar Caribe	2.516.000	2.467
	Mar Mediterráneo	2.509.000	1.429
	Mar de Bering	2.261.000	1.547
	Golfo de México	1.508.000	1.486
	Mar de Okhotsk	1.392.000	840
	Mar de Japón	1.013.000	1.370
	Bahía de Hudson	730.000	120
	Mar del este de China	665.000	180
	Mar Negro	508.000	1.100
	Mar Rojo	453.000	490
	Mar del Norte	427.000	90

FOSAS	Longitud (km)	Punto más profundo	Profundidad (m)
Fosa de las Marianas (Pacífico oeste)	2.250	Challenger	10.924
Fosa Tonga-Kermadec (Pacífico sur)	2.575	Vityaz II (Tonga)	10.800
Fosa Kuril-Kamchatka (Pacífico oeste)	2.250	Sin nombre	10.542
Fosa de Filipinas (Pacífico oeste)	1.325	Galathea	10.539
Fosa Solomon/Nueva Bretaña (Pacífico sur)	640	Sin nombre	8.940
Fosa de Puerto Rico (Atlántico oeste)	800	Milwaukee	8.605
Fosa de Yap (Pacífico oeste)	560	Sin nombre	8.527
Fosa de Japón (Pacífico oeste)	1.600	Sin nombre	8.412
Fosa Sur Sandwich (Atlántico sur)	965	Meteoro	8.325



CONTINENTES

Nombre	Área (km^2)	% de superficie total	% de tierra firme	Punto más alto	Altitud (m)	Punto más bajo	Bajo el nivel del mar (m)
Asia	44.000.000	8,6	29,5	Everest, Mt.	8.848	Mar Muerto	400
África	30.000.000	5,9	20,1	Kilimanjaro	5.895	Lago Assale	156
América del N.	24.000.000	4,7	16,1	Denali (McKinley, Mt)	6.194	Death Valley	86
América del S.	18.000.000	3,5	12,1	Aconcagua	6.960	Peninsular Valdez	40
Antártida	14.000.000	2,7	9,4	Macizo Vinson	5.140	Fosa Subglaciar de Bently	2.538
Europa	10.000.000	2,0	6,7	El'brus	5.642	Mar Caspio	28
Oceanía	9.000.000	1,8	6,1	Wilhelm, Mt	4.884	Lago Eyre	16



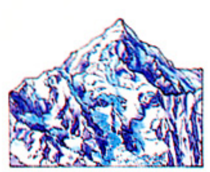
ISLAS

	Nombre	Área (km^2)
LAS MAYORES	Groenlandia	2.175.219
	Nueva Guinea	792.493
	Borneo	725.416
	Madagascar	587.009
	Isla Baffin (Canadá)	507.423
	Sumatra	427.325
	Honshu (Japón)	227.401
	Gran Bretaña	218.065
	Isla Victoria (Canadá)	217.278
	Isla Ellesmere (Canadá)	196.225



LAGOS Y MARES INTERIORES

	Nombre	Superficie (km^2)
LOS MAYORES	Mar Caspio (Asia/Europa)	370.980
	Lago Superior (Norteamérica)	82.098
	Lago Victoria (África)	69.480
	Mar de Aral (Asia)	64.498
	Lago Hurón (Norteamérica)	59.566
	Lago Michigan (Norteamérica)	57.754
	Lago Tanganika (África)	32.891
	Lago Baikal (Asia)	31.498
	Lago Oso Grande (Norteamérica)	31.197
	Lago Nyasa (África)	28.877



MONTAÑAS

	Nombre	Altitud (m)
LAS MÁS ALTAS	Everest (Tibet/Nepal)	8.848
	K2 (Pakistán/Tibet)	8.611
	Kangchenjunga (India/Nepal)	8.598
	Makalu (Tibet/Nepal)	8.480
	Cho Oyu (Tibet/Nepal)	8.201
	Dhaulagiri (Nepal)	8.172
	Nanga Parbat (India)	8.126
	Annapurna (Nepal)	8.078
	Gasherbrum (India)	8.068
	Xixabangma Feng (Tibet)	8.013



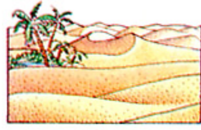
VOLCANES ACTIVOS

	Nombre	Altitud (m)
LOS MÁS ALTOS	Guallatiri (Chile)	6.060
	Lascar (Chile)	5.990
	Cotopaxi (Ecuador)	5.897
	Tupungatito (Chile)	5.640
	Ruiz (Colombia)	5.400
	Sangay (Ecuador)	5.230
	Purace (Colombia)	4.755
	Klyuchevskaya Sopka (Rusia)	4.750
	Colima (México)	4.268
	Galeras (Colombia)	4.266



RÍOS

	Nombre	Longitud (km)
LOS MÁS LARGOS	Río Nilo (África)	6.695
	Río Amazonas (Suramérica)	6.437
	Río Yangtze/Chang Jiang (Asia)	6.379
	Río Mississippi-Missouri (Norteamérica)	6.264
	Río Ob-Irtysh (Asia)	5.411
	Río Amarillo/Huang He (Asia)	4.672
	Río Congo/Zaire (África)	4.667
	Río Amur (Asia)	4.416
	Río Lena (Asia)	4.400
	Río Mackenzie-Peace (Norteamérica)	4.241



DESIERTOS

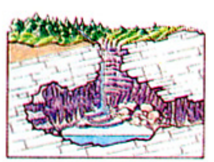
	Nombre	Superficie (km²)
LOS MÁS EXTENSOS	Sáhara (África)	8.800.000
	Desierto del Gobi (Asia)	1.300.000
	Desierto de Australia (Oceanía)	1.250.000
	Desierto de Arabia (Asia)	850.000
	Desierto de Kalahari (África)	580.000
	Desierto de Chihuahua (Norteamérica)	370.000
	Desierto de Takla Makan (Asia)	320.000
	Kara Kum (Asia)	310.000
	Desierto de Namibia (África)	310.000
	Desierto del Thar (Asia)	260.000



CATARATAS

	Nombre	Altitud (m)
LAS DE SALTO MÁS ELEVADO	Cataratas del Ángel (Venezuela)	979
	Cataratas Tugela (Suráfrica)	853
	Utgaard (Noruega)	800
	Mongefossen (Noruega)	774
	Cataratas Yosemite (EEUU)	739
	Mardalsfossen (Noruega)	655
	Cataratas Cuquenan (Venezuela)	610
	Cataratas Sutherland (Nueva Zelanda)	580
	Cataratas Ribbon (EEUU)	491
	Gavarnie (Francia)	422

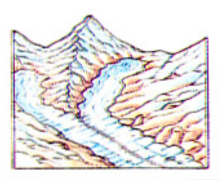
	Nombre	Volumen (m^3/seg)
LAS DE MAYOR VOLUMEN	Cataratas Boyoma (Zaire)	17.000
	Cataratas Khone (Laos)	11.500
	Cataratas del Niágara (Canadá/EEUU)	6.000
	Cataratas Paulo Afonso (Brasil)	2.800
	Cataratas de Urubupunga (Brasil)	2.700
	Cataratas de Iguazú (Brasil/Paraguay)	1.700
	Cataratas de Patos-Maribondo (Brasil)	1.500
	Cataratas Victoria (Zimbabwe)	1.100
	Cataratas Churchill (Canadá)	1.000



CUEVAS

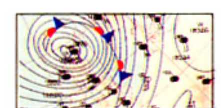
	Nombre	Profundidad (m)
LAS MÁS PROFUNDAS	Reseau Jean Bernard (Francia)	1.602
	Shakta Pantjukhina (Georgia)	1.508
	Lamrechtsofen (Austria)	1.485
	Sistema del Trave (España)	1.441
	Boj Bulok (Uzbekistan)	1.415

	Nombre	Longitud (km)
LOS SISTEMAS MÁS LARGOS	Sistema de Cuevas de Mammoth (EEUU)	560
	Optimisticheskaya (Ucrania)	183
	Hölloch (Suiza)	137
	Cueva de Jewel (EEUU)	127
	Ozernaya (Ucrania)	107



GLACIARES

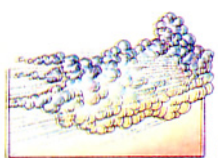
	Nombre	Extensión (km)
LOS MÁS LARGOS	Pasadizo de Hielo Lambert-Fisher (Antártida)	515
	Novaya Zemlya (Rusia)	418
	Pasadizo de Hielo del Instituto Ártico (Antártida)	362
	Pasadizo de Hielo Nimrod-Lennox-King (Antártida)	289
	Glaciar Denman (Antártida)	241
	Glaciar Beardmore (Antártida)	225
	Glaciar Recovery (Antártida)	225
	Helero Petermanns (Groenlandia)	200
	Glaciar Anónimo (Antártida)	193
	Glaciar Slessor (Antártida)	185



TIEMPO METEOROLÓGICO

Registros

Temperatura más alta registrada:
58 °C en Al'Aziziyah, Libia, el 13 de Septiembre de 1992.
Temperatura más baja registrada:
-88,3 °C en Vostok, Antártida, el 24 de Agosto de 1960.
Pluviometría media más alta al año:
11.455 mm. en Wai'ale'ale Mt., Hawaii.
Pluviometría más alta registrada en cualquier año:
26.461 mm. en Cherrapunji, India, en 1860-61.
Lugar con más viento:
Bahía Commonwealth, Antártida, donde cada año soplan vientos de más de 320 km/h.
Velocidad del viento más alta registrada:
371 km/h. en Washington Mt., EEUU, en 1934.



VELOCIDAD DEL VIENTO

ESCALA DE BEAUFORT

N.º	Descripción	Velocidad (km/h)	Características
0	Calma	Menos de 1	El humo asciende verticalmente.
1	Ventolina	1-5	El humo es movido con el viento.
2	Viento flojillo	6-12	Susurro de hojas.
3	Brisa débil	13-20	Mueve una bandera ligera.
4	Viento bonancible	21-29	Eleva polvo y papeles sueltos.
5	Viento fresquito	30-39	Pequeños árboles empiezan a balancearse.
6	Viento fresco	40-50	Mueve grandes ramas.
7	Viento frescachón	51-61	Mueve todo el árbol.
8	Temporal	62-74	Parte pequeñas ramas de árboles.
9	Viento duro	75-87	Se producen daños estructurales.
10	Tempestad	88-102	Arranca árboles de raíz.
11	Tempestad violenta	103-120	Daños generales.
12-17	Huracán	Más de 120	Extremadamente violento.



TERREMOTOS

ESCALA DE RICHTER

Magnitud	Efectos probables
1	Sólo se detectan con instrumentos.
2-2,5	Apenas detectable incluso cerca del epicentro.
4-5	Detectable dentro de un radio de 32 km. desde el epicentro; puede causar pequeños daños.
6	Moderadamente destructivo.
7	Un fuerte terremoto.
8-9	Un terremoto muy destructivo.

ELEMENTOS QUÍMICOS

Ac	Actinio	Mn	Manganeso
Ag	Plata	Mo	Molibdeno
Al	Aluminio	N	Nitrógeno
Am	Americio	Na	Sodio
Ar	Argón	Nb	Niobio
As	Arsénico	Nd	Neodimio
At	Astato	Ne	Neón
Au	Oro	Ni	Níquel
B	Boro	No	Nobelio
Ba	Bario	Np	Neptunio
Be	Berilo	O	Oxígeno
Bi	Bismuto	Os	Osmio
Bk	Berquelio	P	Fósforo
Br	Bromo	Pa	Protactinio
C	Carbono	Pb	Plomo
Ca	Calcio	Pd	Paladio
Cd	Cadmio	Pm	Promecio
Ce	Cerio	Po	Polonio
Cf	Californio	Pr	Praseodimio
Cl	Cloro	Pt	Platino
Cm	Curio	Pu	Plutonio
Co	Cobalto	Ra	Radio
Cr	Cromo	Rb	Rubidio
Cs	Cesio	Re	Renio
Cu	Cobre	Rf-Ku	Rutherforio-Kurchatovio
Dy	Disprosio		
Er	Erbio	Rh	Rodio
Es	Einstenio	Rn	Radón
Eu	Europio	Ru	Rutenio
F	Flúor	S	Azufre
Fe	Hierro	Sb	Antimonio
Fm	Fermino	Sc	Escandio
Fr	Francio	Se	Selenio
Ga	Galio	Si	Silicio
Gd	Gadolino	Sm	Samario
Ge	Germanilo	Sn	Estaño
H	Hidrógeno	Sr	Estroncio
Ha	Hanio	Ta	Tantalio
He	Helio	Tb	Terbio
Hf	Hafnio	Tc	Tecnecio
Hg	Mercurio	Te	Teluro
Ho	Holmio	Th	Torio
I	Yodo	Ti	Titanio
In	Indio	Tl	Talio
Ir	Iridio	Tm	Tulio
K	Potasio	U	Uranio
Kr	Kriptón	V	Vanadio
La	Lantano	W	Wolframio
Li	Litio	Xe	Xenón
Lr	Lawrencio	Y	Itrio
Lu	Lutecio	Yb	Iterbio
Md	Mendelevio	Zn	Cinc
Mg	Magnesio	Zr	Circonio

- Metales alcalino-térreos
- Serie Lantánida
- Metales alcalinos
- Serie Actínida
- Otros metales
- No-metales
- Metales de transición
- Gases nobles
- El hidrógeno es un gas con propiedades únicas y por eso se le coloca en un grupo aparte

Glosario

ACUÍFERO: Estrato de roca permeable saturada de agua que se encuentra situado horizontalmente encima de un estrato de roca impermeable. Puede ser una fuente de agua para pozos y manantiales.

AGUA SUBTERRÁNEA: Agua acumulada bajo la superficie terrestre.

ASTENOSFERA: Capa parcialmente fundida del manto situada por debajo de la litosfera (ver también Litosfera y Manto).

ATMÓSFERA: Capa de gas que rodea la Tierra. Se encuentra dividida en (de abajo a arriba): troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera y exosfera.

BATOLITO: Intrusión ígnea, en cúpula y de gran tamaño compuesta de roca granítica.

CALDERA: Depresión volcánica en forma de cuenca que se produce, generalmente, tras la erupción y/o hundimiento de un volcán.

CICLO DE LA ROCA: Ciclo continuo por el cual las rocas viejas se transforman en nuevas.

CICLO HIDROLÓGICO: Procesos por los cuales el agua va circulando entre la tierra, los océanos y la atmósfera. Un nombre alternativo es el ciclo del agua.

CLIMA: Condiciones meteorológicas medias de una determinada región en el transcurso de un largo período de tiempo (ver también Tiempo meteorológico).

CORRIENTE LITORAL: Movimiento de arena y pequeñas rocas a lo largo de la costa marina producido por la acción de las olas.

CORTEZA: Capa exterior de la Tierra que se encuentra situada por encima del manto. Hay dos tipos principales de corteza: la continental y la oceánica.

CRISTAL: Forma geométrica de un mineral, con caras planas formadas de manera natural que reflejan el orden de sus átomos constituyentes.

CUENCA ARTESIANA: Acuífero en el que el agua es almacenada bajo presión entre dos estratos de roca impermeable (ver también Acuífero).

DERIVA CONTINENTAL: Teoría que afirma que los continentes actuales se formaron a raíz de la ruptura y separación de los supercontinentes prehistóricos que se fueron moviendo lentamente a la deriva hasta llegar a sus posiciones actuales (ver también Tectónica de placas).

DESIERTO: Región árida en la cual las precipitaciones son, generalmente, inferiores a 250 mm. por año.

DISCONTINUIDAD DE GUTENBERG: Límite entre el manto y el núcleo externo.

DISCONTINUIDAD DE MOHOROVICIC: Límite entre la corteza y el manto.

DISCORDANCIA: Fallos en la sucesión o secuencia de estratos de roca que representa un período en el cual no se han depositado nuevos sedimentos y/o se han erosionado estratos sedimentarios primitivos.

EFECTO INVERNADERO: Proceso en el cual las radiaciones procedentes del Sol atraviesan la atmósfera, se reflejan y vuelven a ser radiadas por la superficie terrestre y son entonces atrapadas o retenidas por los gases atmosféricos. La acumulación de estos «gases de invernadero», tales como el dióxido de carbono, ha incrementado el efecto, produciendo un calentamiento del globo.

ELEMENTO: Sustancia que no puede dividirse químicamente en otras más simples.

EÓN: División del tiempo geológico que puede dividirse en eras (ver Era).

EPICENTRO: Punto de la superficie terrestre situado directamente encima del foco de un terremoto (ver también Terremoto; Foco)

ÉPOCA: División del tiempo geológico que es una subdivisión del período (ver Período).

ERA: División del tiempo geológico que es una subdivisión del eón y que puede subdividirse en períodos (ver también Eón; Período).

EROSIÓN: Destrucción por desgaste y eliminación de tierra descubierta producida por el agua, el viento y/o el hielo (ver también Meteorización).

ESCALA DE MOHS: Escala mediante la cual se puede medir la dureza relativa de los minerales.

ESPARCIMIENTO DEL FONDO MARINO: Proceso por el cual se crea nueva corteza de fondo marino en forma de dorsales oceánicas en el lugar donde dos placas adyacentes se separan una de otra (ver también Tectónica de placas).

ESTRATO: Lecho o capa de roca (ver también Lecho).

ESTRATOSFERA: Capa de la atmósfera situada por encima de la troposfera y por debajo de la mesosfera (ver también Atmósfera).

EXFOLIACIÓN: Tendencia de un mineral a romperse por planos de debilidad bien definidos.

EXOSFERA: Capa más externa de la atmósfera (ver Atmósfera).

FALLA: Fractura en una roca a lo largo de la cual pueden producirse desplazamientos de uno de los lados con respecto del otro.

FOCO: Punto subterráneo en el cual se origina un terremoto (ver también Terremoto; Epicentro).

FOSA: Valle largo y estrecho del fondo oceánico que se encuentra a lo largo de zonas de subducción (ver también Zona de subducción).

FÓSIL: Restos, huellas o impresiones de animales y plantas que han sido conservados en la roca.

FRACTURA: Tendencia de un mineral o roca a romperse de una forma irregular.

FRENTE: Límite o separación entre dos masas de aire. En un frente cálido el aire caliente asciende por encima del aire frío; en un frente frío el aire frío desciende por debajo del aire caliente.

FUENTE: Flujo de agua subterránea que emerge de una forma natural hacia la superficie terrestre.

FUERZA DE CORIOLIS: Fuerza originada por el movimiento de rotación de la Tierra. Desvía los vientos y el agua hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur.

GLACIAR: Gran masa de hielo que se forma en tierra firme y se va deslizando pendiente abajo por su propio peso.

GYRE: Rotación circular de las aguas de los mayores océanos y mares producida por los vientos y la fuerza de Coriolis (ver también Fuerza de Coriolis).

HÁBITO: Forma típica que toma un agregado de cristales de un mineral.

LAVA: Magma fundido arrojado hacia la superficie terrestre a través de volcanes o fisuras. Las dos formas más comunes en las que la lava se solidifica se conocen como aa (bloques irregulares y con aristas) y pahoehoe (haces en forma de cuerda o cordados).

LECHO: Capa o estrato de rocas (generalmente sedimentarias). Un lecho competente es aquel que tiende a romperse bajo tensión. Un lecho incompetente es el que tiende a curvarse o deformarse bajo tensión.

LITIFICACIÓN: Formación, a partir de sedimentos no consolidados, de rocas mediante procesos de compresión y cementación (ver también Rocas sedimentarias) .

LITOSFERA: Comprende la corteza terrestre y la capa más externa del manto.

MAGMA: Roca fundida con origen en el manto y en la corteza terrestre.

MANTO: Capa terrestre situada entre el núcleo externo y la corteza.

MAREA: Regular subida y bajada de la superficie oceánica resultado, principalmente, de las fuerzas gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol.

MESOSFERA: Capa de la atmósfera situada por encima de la estratosfera y por debajo de la termosfera (ver también Atmósfera).

METEORIZACIÓN: Disgregación de las rocas cuando afloran en la superficie terrestre, por procesos físicos (mecánicos) o químicos (ver también Erosión).

MINERAL: Sustancia formada de un modo natural y que posee una composición química característica y unas propiedades físicas específicas.

NIVEL FREÁTICO: Nivel por encima del cual la tierra está permanentemente saturada.

NÚCLEO: Porción central de la Tierra formada por un núcleo interno sólido y un núcleo externo fundido.

OROGÉNESIS: Término utilizado para describir los procesos relacionados con la formación de montañas.

PASTA: Material de grano fino de una roca en el cual están empotrados los cristales más grandes o cantos. Matriz es un término alternativo para la pasta.

PERÍODO: División del tiempo geológico que es una subdivisión de la era y que puede subdividirse en épocas (ver también Época, Era).

PIROCLASTO: Roca formada por derrubios procedentes de una erupción volcánica explosiva.

PLIEGUE: Bucle o curva que se produce en un estrato de roca debido a una presión horizontal en la corteza terrestre. Un anticlinal es un pliegue en forma de arco. Un sinclinal es un pliegue en forma de artesa o vaguada.

PRECIPITACIÓN: Todo tipo de partículas de agua que caen desde las nubes: la lluvia, el granizo, el agua-nieve y la nieve.

RAYA: El color del polvo fino que deja un mineral cuando rayamos con él sobre una placa de porcelana blanca porosa.

ROCA: Agregado de minerales. Las rocas se dividen en tres grandes grupos: ígneas, metamórficas y sedimentarias (ver Roca ígnea, Roca metamórfica y Roca sedimentaria).

ROCA ÍGNEA: Roca formada a partir de lava o magma solidificado. Las rocas ígneas intrusivas se forman bajo tierra. Las rocas ígneas extrusivas se forman en la superficie.

ROCA METAMÓRFICA: Roca formada a partir de otras ya existentes que han sido sometidas a un intenso calor y/o presión que han dado como resultado la alteración en su composición química.

ROCA SEDIMENTARIA: Roca formada por la litificación de sedimentos (ver también Litificación)

TECTÓNICA DE PLACAS: Teoría que mantiene que la litosfera terrestre está formada por varias placas semirrígidas que se mueven una con respecto a la otra.

TERMOSFERA: Capa más alta de la atmósfera (ver también Atmósfera).

TERREMOTO: Ondas de choque que algunas veces causan temblores violentos en la superficie terrestre. En la mayoría de los casos son causados por desplazamientos repentinos de la corteza a lo largo de una falla (ver también Epicentro; Foco).

TIEMPO METEOROLÓGICO: Condiciones atmosféricas en un lugar y tiempo determinado (ver también Clima).

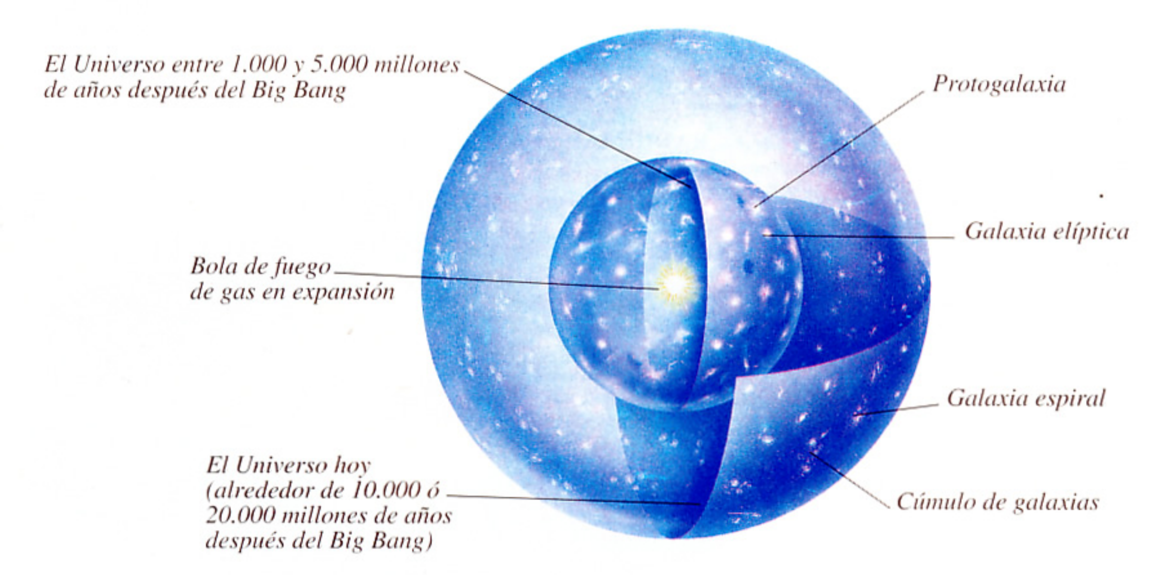
TROPOSFERA: Capa más baja de la atmósfera (ver también Atmósfera).

VOLCÁN: Grieta o fisura en la corteza terrestre a través de las cuales el magma fundido y los gases calientes son expulsados a la superficie. La mayoría de los volcanes se encuentran situados en los límites de las placas geológicas.

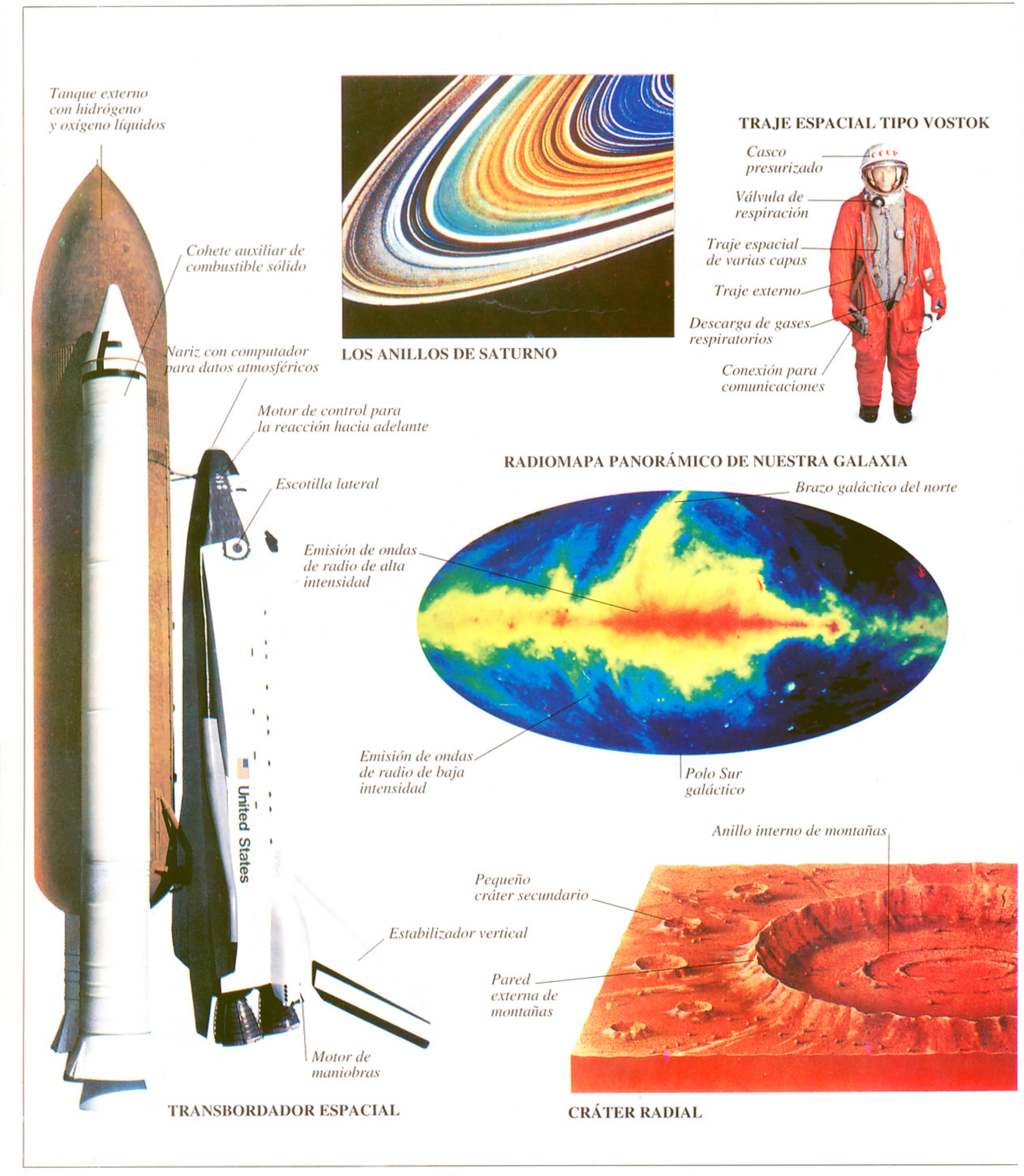
ZONA DE SUBDUCCIÓN: Lugar donde una placa es obligada a pasar por debajo de otra (ver también Tectónica de placas).

ENCICLOPEDIA VISUAL

UNIVERSO

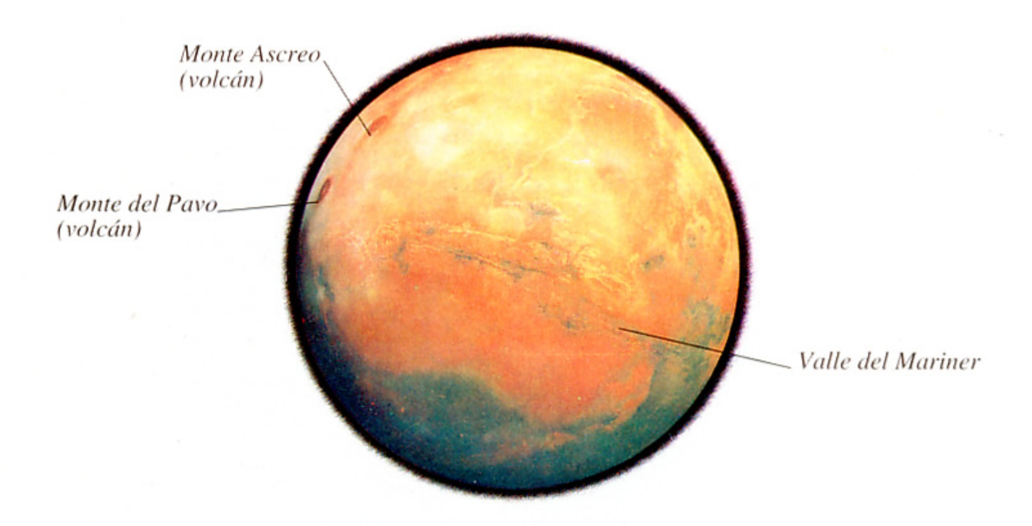


ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

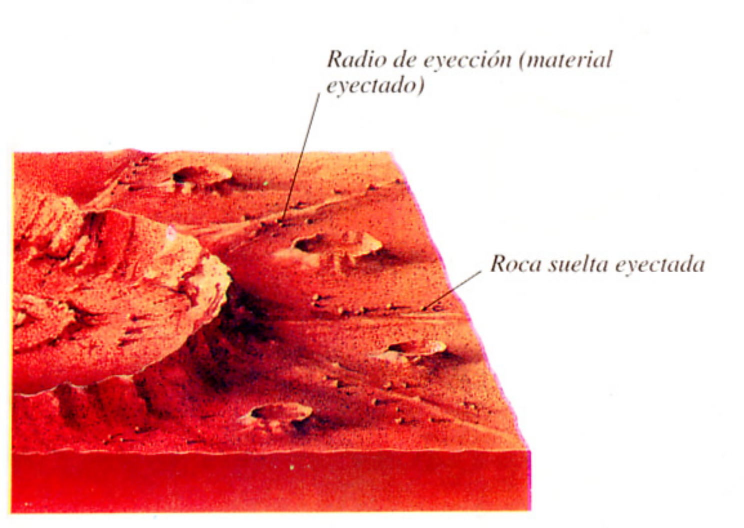

Tanque externo con hidrógeno y oxígeno líquidos
Cohete auxiliar de combustible sólido
Nariz con computador para datos atmosféricos
Motor de control para la reacción hacia adelante
Escotilla lateral
United States
Estabilizador vertical
Motor de maniobras
TRANSBORDADOR ESPACIAL
LOS ANILLOS DE SATURNO
TRAJE ESPACIAL TIPO VOSTOK
Casco presurizado
Válvula de respiración
Traje espacial de varias capas
Traje externo
Descarga de gases respiratorios
Conexión para comunicaciones
RADIOMAPA PANORÁMICO DE NUESTRA GALAXIA
Brazo galáctico del norte
Emisión de ondas de radio de alta intensidad
Emisión de ondas de radio de baja intensidad
Polo Sur galáctico
Anillo interno de montañas
Pequeño cráter secundario
Pared externa de montañas
CRÁTER RADIAL

ENCICLOPEDIA VISUAL

UNIVERSO



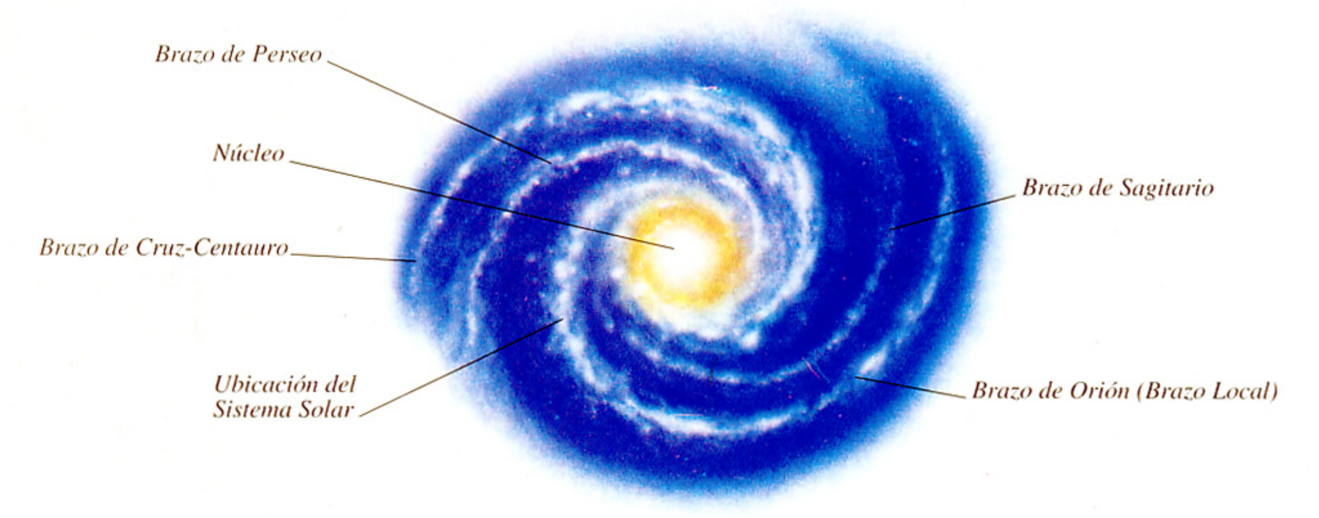
MARTE



AMEREIDA



Consejo editorial:



VISTA SUPERIOR DE NUESTRA GALAXIA

Título original: *The Visual Dictionary of the Universe*

Publicado originalmente en Gran Bretaña en 1995
por Dorling Kindersley Limited, 9 Henrietta street,
London WC2E 8PS

. 1996
Todos los Derechos Reservados.
Co-Edición EDITORIAL AMEREIDA S.A.
ERNESTO PINTO LAGARRIGE 148
SANTIAGO-CHILE
TELÉFONO (562) 7371905 - FAX (562) 7359451

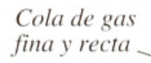


Sumario

Antena direccional de haz fino

Cámara de televisión

LUNOKHOD 1



Cola de polvo ancha y curva

Coma (pág. 48) de polvo y gases congelados alrededor del núcleo

ESTRUCTURA DE UN COMETA

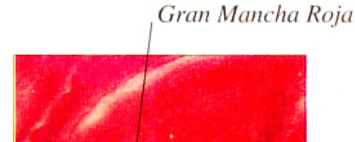
Anillos de piedras y polvo

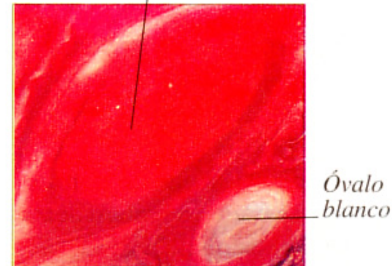
Atmósfera

Manto

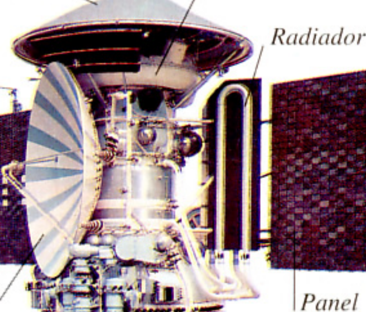
Núcleo rocoso

URANO

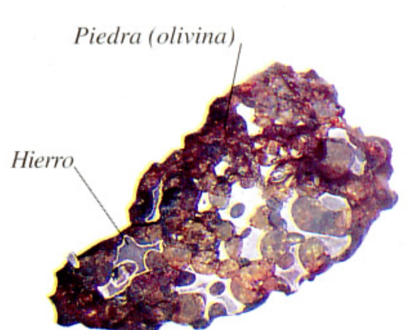




FORMAS DE NUBES EN JÚPITER



MÓDULOS DE ÓRBITA Y ATERRIZAJE DEL MARS 3



METEORITO DE ROCA Y HIERRO



El Universo

EL UNIVERSO CONTIENE TODO lo que existe, desde las partículas subatómicas más pequeñas hasta los super cúmulos de galaxias (las estructuras más grandes que se conocen). Nadie sabe cuán grande es el Universo, pero los astrónomos estiman que contiene alrededor de 100.000 millones de galaxias, y que cada una de ellas reúne un promedio de 100.000 millones de estrellas. La teoría más aceptada sobre el origen del Universo es la teoría del Big Bang o Gran Explosión, según la cual la existencia del Universo comenzó con una gigantesca explosión, el Big Bang, que se produjo hace entre 10.000 y 20.000 millones de años. Al principio el Universo estaba constituido por una bola muy caliente y densa de gas en expansión, que se fue enfriando. Probablemente después de alrededor de un millón de años el gas comenzó a condensarse en grandes fragmentos llamados protogalaxias. Durante los 5 mil millones de años que siguieron, las protogalaxias continuaron condensándose, formando galaxias en cuyo interior fueron naciendo las estrellas. En la actualidad, miles de millones de años más tarde, el Universo todavía se sigue expandiendo, y hay zonas en las que sus componentes permanecen unidos por la fuerza de la gravedad; por ejemplo, muchas galaxias se agrupan en cúmulos de galaxias. La teoría del Big Bang se apoya en el descubrimiento de una tenue y fría radiación de fondo, que proviene uniformemente de todas las direcciones del cielo. Al parecer esta radiación es un fósil de la radiación que se produjo en el Big Bang. Se cree que unas pequeñas variaciones en la temperatura de la radiación cósmica de fondo son indicios de ligeras irregularidades en la densidad del Universo primitivo, a partir de las cuales se formaron las galaxias. Los astrónomos no saben aún si el Universo es "cerrado", lo que significa que en un momento del futuro dejará de expandirse y comenzará a contraerse, o si es "abierto", y continuará expandiéndose para siempre.

Bola de gas extremadamente caliente en expansión rápida durante aproximadamente un millón de años

Radiación de microondas de baja energía correspondiente a unos –270 °C

Radiación gama de alta energía correspondiente a unos 3.000 °C

MAPA EN MICROONDAS EN COLORES FALSOS DE RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO

El rosado indica «rizos calientes» en la radiación de fondo

El celeste indica «rizos fríos» en la radiación de fondo

El azul oscuro indica radiación de fondo correspondiente a –270,3°C (resto del Big Bang)

La banda roja y rosada indica radiación proveniente de nuestra galaxia

ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

Quásar (probablemente el centro de una galaxia que contiene un hoyo negro muy pesado)

El Universo entre 1.000 y 5.000 millones de años después del Big Bang

Protogalaxia (nube de gas en condensación)

Galaxia en rotación y aplastándose para finalmente adquirir forma espiral

Nube oscura (polvo y gas en condensación para formar una protogalaxia)

Galaxia elíptica en la cual las estrellas se forman rápidamente

El Universo actual (entre 10.000 y 20.000 millones de años después del Big Bang)

Cúmulo de galaxias unidas por la gravedad

Galaxia elíptica constituida por estrellas viejas, poco gas y poco polvo

Galaxia irregular

Galaxia espiral constituida por gas, polvo y estrellas jóvenes

OBJETOS DEL UNIVERSO



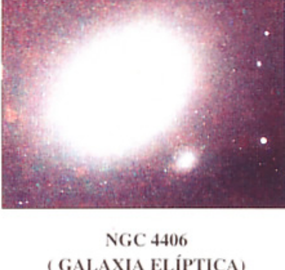
CÚMULO DE GALAXIAS EN VIRGO



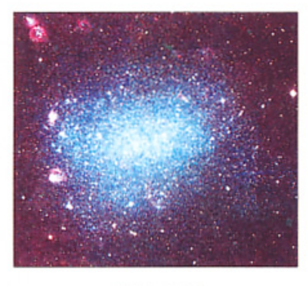
IMAGEN EN COLOR FALSO DE 3C273 (QUASAR)



NGC 4406 (GALAXIA ELÍPTICA)



NGC 5236 (GALAXIA ESPIRAL)

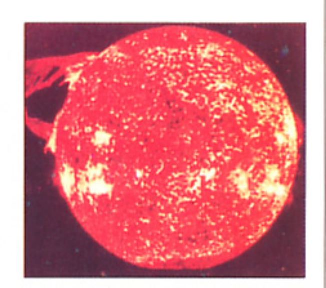


NGC 6822 (GALAXIA IRREGULAR)

LA NEBULOSA DE LA ROSETA (NEBULOSA DE EMISIÓN)



EL JOYERO (CÚMULO ESTELAR)



EL SOL (UNA ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL)



LA TIERRA



LA LUNA

Galaxias



SOMBRERO, UNA GALAXIA EN ESPIRAL

UNA GALAXIA ES UNA MASA INMENSA DE ESTRELLAS, nebulosas y material interestelar. Las galaxias más pequeñas contienen cerca de 100.000 estrellas, y las más grandes pueden contener hasta 3 millones de millones (3 billones) de estrellas. Existen tres tipos principales de galaxias, que se clasifican según su forma: elípticas, que tienen una forma ovalada; espirales, que tienen brazos que describen espirales a medida que se alejan del núcleo central; e irregulares, que no tienen una forma definida. A veces, la forma de una galaxia se ha distorsionado por el choque con otra galaxia. Los quásares (objetos cuasi-estelares) podrían ser núcleos de galaxias, pero están tan lejos que su naturaleza exacta todavía nos es desconocida. Son objetos compactos, muy luminosos que se encuentran en los confines del Universo conocido: mientras las galaxias "normales" más lejanas se encuentran a unos 10.000 millones de años luz, el quásar más lejano está a unos 15.000 millones de años luz. Las galaxias activas, como las Seyfert y las radio-galaxias, emiten una intensa radiación. En una galaxia Seyfert, la radiación proviene de unos lóbulos gigantescos que se extienden a ambos lados de la galaxia. La radiación de las galaxias activas y de los quásares es posible que se deba a hoyos negros (págs. 84-85).

IMAGEN ÓPTICA DE NGC 4486 (GALAXIA ELÍPTICA)



IMAGEN ÓPTICA DE LA GRAN NUBE DE MAGALLANES (GALAXIA IRREGULAR)

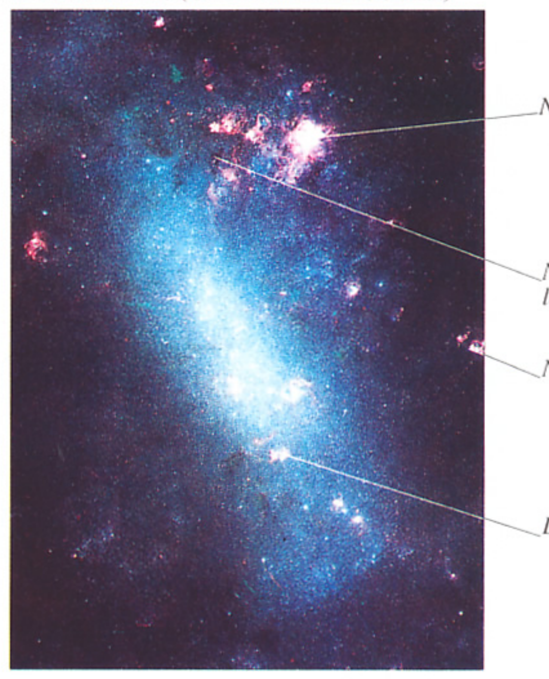


IMAGEN ÓPTICA DE NGC 2997 (GALAXIA ESPIRAL)





IMAGEN ÓPTICA DE CENTAURO A (RADIOGALAXIA)

Regueros de polvo que cruzan la galaxia elíptica

Núcleo galáctico con fuente potente de radiación

Luz procedente de estrellas viejas

RADIOIMAGEN EN COLOR FALSO DE CENTAURO A

Lóbulo de radio

Lóbulo de radio

El rojo indica ondas de radio de alta intensidad

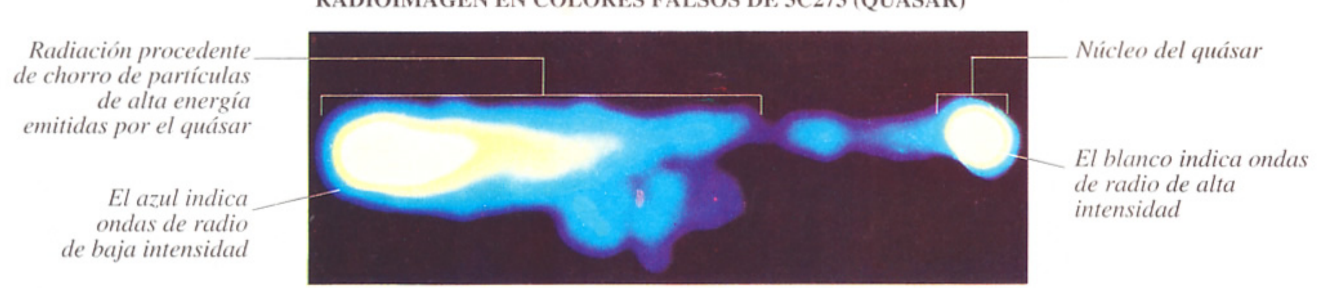
El azul indica ondas de radio de baja intensidad

Radiación del núcleo galáctico

Límite de la imagen óptica de Centauro A

El amarillo indica ondas de radio de intensidad media

RADIOIMAGEN EN COLORES FALSOS DE 3C273 (QUASAR)



Radiación procedente de chorro de partículas de alta energía emitidas por el quásar

El azul indica ondas de radio de baja intensidad

Núcleo del quásar

El blanco indica ondas de radio de alta intensidad

IMAGEN ÓPTICA DE NGC 1566 (GALAXIA SEYFERT)

Nebulosa en el brazo espiral

Núcleo compacto emitiendo radiación intensa

Brazo espiral

IMAGEN ÓPTICA EN COLORES FALSOS DE NGC 5754 (DOS GALAXIAS EN COLISIÓN)

El azul indica radiación de baja intensidad

El rojo indica radiación de intensidad media

Brazo espiral distorsionado por la fuerza gravitatoria de la galaxia pequeña

Galaxia espiral grande

Galaxia pequeña en colisión con la galaxia grande

El amarillo indica radiación de alta intensidad

La Vía Láctea



ASPECTO DEL CENTRO DE LA GALAXIA

VÍA LÁCTEA ES EL NOMBRE QUE SE DA A LA SUAVE BANDA DE LUZ que se extiende por el cielo nocturno. Esta luz proviene de estrellas y nebulosas de nuestra galaxia, que se conoce con el nombre de Galaxia de la Vía Láctea o simplemente como "La Galaxia". La Vía Láctea tiene forma de espiral, con un abultamiento central denso rodeado de cuatro brazos que describen una espiral hacia afuera, y todo eso rodeado por un halo mayor y menos denso. No podemos ver la forma espiral porque el Sistema Solar está en uno de los brazos espirales, El Brazo de Orión (que también se llama Brazo Local). Desde nuestra posición, el centro de la Galaxia está cubierto por nubes de polvo; por eso, los mapas ópticos nos dan una visión limitada de la Galaxia. Sin embargo, se puede obtener una imagen más completa mediante el estudio de ondas de radio, infrarrojas y otras. El abultamiento central de la Galaxia es relativamente pequeño, denso y esférico, y contiene principalmente las estrellas más viejas, rojas y amarillas. El halo es la región menos densa, en la que se encuentran las estrellas más viejas; algunas de estas estrellas podrían ser tan viejas como la propia Galaxia (posiblemente unos 15.000 millones de años). Los brazos espirales contienen mayoritariamente estrellas azules, calientes y jóvenes, así como nebulosas (nubes de polvo y gas dentro de las cuales están naciendo estrellas). La Galaxia es enorme: tiene un diámetro de unos 100.000 años luz (un año luz equivale a unos 9.460 millones de kilómetros); en comparación, el Sistema Solar parece pequeño, puesto que sólo tiene unas 12 horas luz de diámetro (unos 13.000 millones de kilómetros). Toda la Galaxia gira en el espacio, pero las estrellas del interior lo hacen a diferente velocidad que las del exterior. El Sol, que está a unos dos tercios del centro, completa una vuelta a la Galaxia cada 220 millones de años.

VISTA LATERAL DE NUESTRA GALAXIA

Disco de brazos espirales constituidos principalmente por estrellas jóvenes

Abultamiento central constituido principalmente por estrellas más viejas

Núcleo

Halo constituido por las estrellas más viejas

100.000 años luz

VISTA SUPERIOR DE NUESTRA GALAXIA

Abultamiento central

Núcleo

Nebulosa de emisión

Brazo de Perseo

Brazo de Cruz-Centauro

Brazo de Sagitario

Polvo en el brazo espiral que refleja la luz azul procedente de estrellas calientes y jóvenes

Brazo de Orión (Brazo Local)

Localización del Sistema Solar

Zona de nubes de polvo

MAPA ÓPTICO PANORAMICO DE NUESTRA GALAXIA Y DE OTRAS CERCANAS

Polaris (Estrella Polar), una estrella binaria variable azul verdoso

Luz procedente de estrellas y nebulosas en el Brazo de Perseo

Plano galáctico

Vía Láctea (la banda de luz que se extiende a lo largo del cielo nocturno)

Pléyades (las Siete Hermanas), un cúmulo estelar abierto

Galaxia de Andrómeda, una galaxia espiral a 2,2 millones de años, luz; el objeto más distante que se puede ver a simple vista

RADIOMAPA PANORÁMICO DE NUESTRA GALAXIA

Brazo galáctico norte (posiblemente emisión de radio procedente de un resto de supernova)

Polo norte galáctico

El rojo indica emisión de ondas de radio de alta intensidad

Plano galáctico

Plano galáctico

El azul indica emisión de ondas de radio de baja intensidad

Polo sur galáctico

El amarillo y el verde indican emisión de ondas de radio de intensidad media

MAPA PANORÁMICO INFRARROJO DE NUESTRA GALAXIA

Polo norte galáctico

Radiación infrarroja de baja intensidad procedente de polvo y gas interestelares

Plano galáctico

Polo sur galáctico

Radiación infrarroja de alta intensidad procedente de polvo y gas interestelar

Radiación infrarroja de alta intensidad procedente de una región donde se forma la estrella

Vega, una estrella blanca de la secuencia principal; la quinta estrella más brillante del cielo

Polo norte galáctico

Nubes oscuras de polvo y gas que obstruyen parte de la luz del Brazo de Sagitario

Luz procedente de estrellas y nebulosas en la parte del Brazo de Sagitario entre el Sol y el centro galáctico

Luz de estrellas y nebulosas en el Brazo de Perseo

Plano galáctico

Cinturón de Orión, tres estrellas brillantes en fila

Nebulosa de Orión

Sirio, una estrella blanca de la secuencia principal; la estrella más brillante del cielo

Cánopo, una supergigante blanca; la segunda estrella más brillante del cielo

Nubes de polvo que oscurecen el centro galáctico

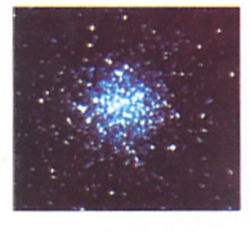
Polo sur galáctico

Pequeña nube de Magallanes, una galaxia irregular a 190.000 año luz; el segundo objeto más cercano a nuestra galaxia

Gran nube de Magallanes, una galaxia irregular a 170.000 años luz; el objeto más cercano a nuestra galaxia



Nebulosas y cúmulos de estrellas



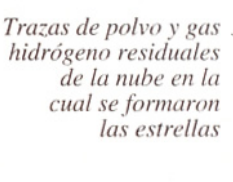
HODGE 11, A
UN CÚMULO GLOBULAR

UNA NEBULOSA ES UNA NUBE DE POLVO Y GAS en el interior de una galaxia. Las nebulosas se hacen visibles si el gas brilla, o si una nube refleja la luz de las estrellas u oscurece la luz de objetos lejanos. Las nebulosas de emisión brillan porque su gas emite luz cuando es estimulado por la radiación de estrellas jóvenes y calientes. Las nebulosas de reflexión brillan porque su polvo refleja la luz de estrellas ubicadas en el interior o alrededor de ellas. Las nebulosas oscuras se ven como siluetas porque bloquean la luz de estrellas o nebulosas que están detrás de ellas. Hay dos tipos de nebulosas que se asocian a estrellas agonizantes: las nebulosas planetarias y los restos de supernovas. Ambas son cascarones de gas en expansión que antes eran las capas externas de una estrella. Una nebulosa planetaria es el cascarón de gas escapándose del núcleo de una estrella que se extingue. Un resto de supernova es el cascarón de gas que se aleja a gran velocidad del corazón de la estrella tras una violenta explosión de ésta que se llama supernova (págs. 82-83). Con frecuencia, las estrellas se encuentran en grupos que se denominan cúmulos. Los cúmulos abiertos son grupos relativamente poco tupidos de varios miles de estrellas nacidas de una misma nube y que se están separando. Los cúmulos globulares están densamente agrupados y son cientos de miles de estrellas viejas reunidas en grupos aparentemente esféricos.

NEBULOSA TRÍFIDA (NEBULOSA DE EMISIÓN)



PLÉYADES (CÚMULO ESTELAR ABIERTO CON UNA NEBULOSA DE REFLEXIÓN)



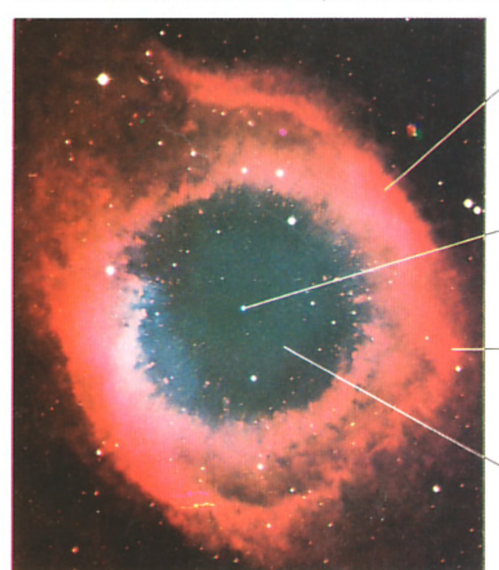

NEBULOSA DE LA CABEZA DE CABALLO (NEBULOSA OSCURA)



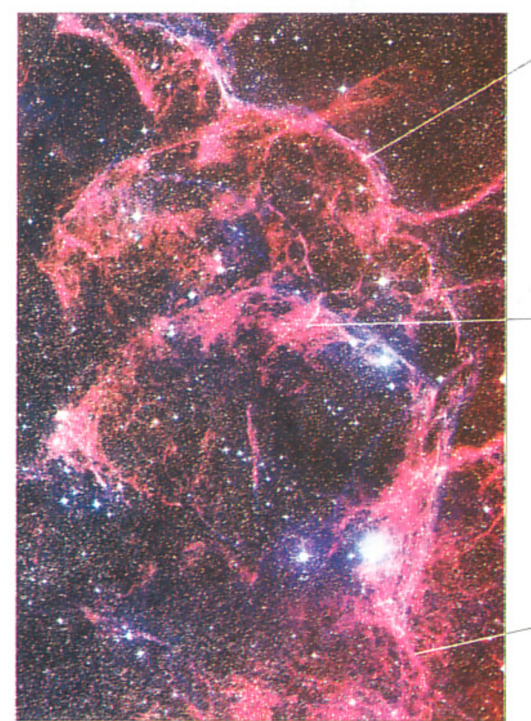
NEBULOSA DE ORIÓN (NEBULOSA DE EMISIÓN DIFUSA)



NEBULOSA DE LA HÉLICE (NEBULOSA PLANETARIA)

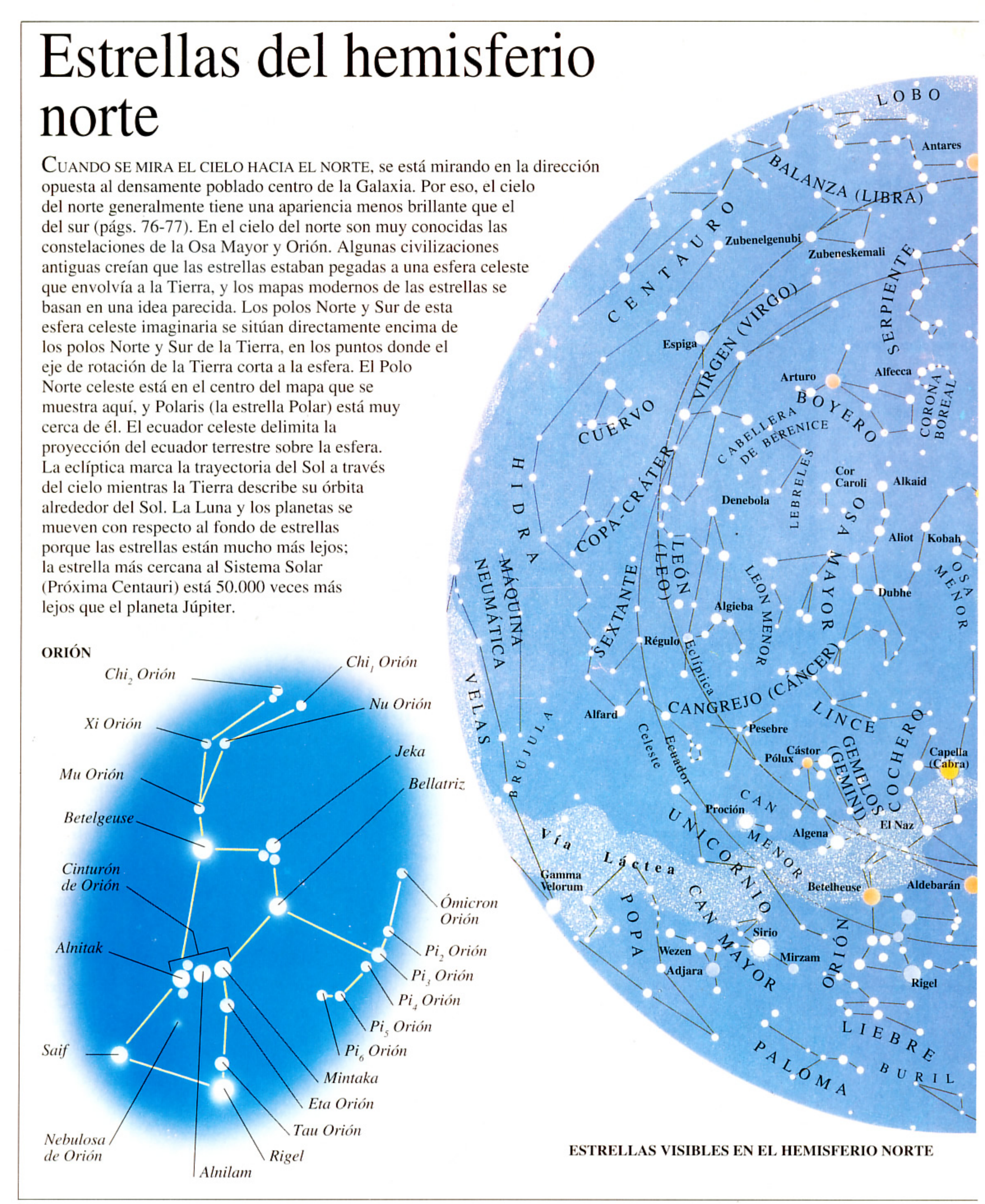


RESTO DE SUPERNOVA EN VELA

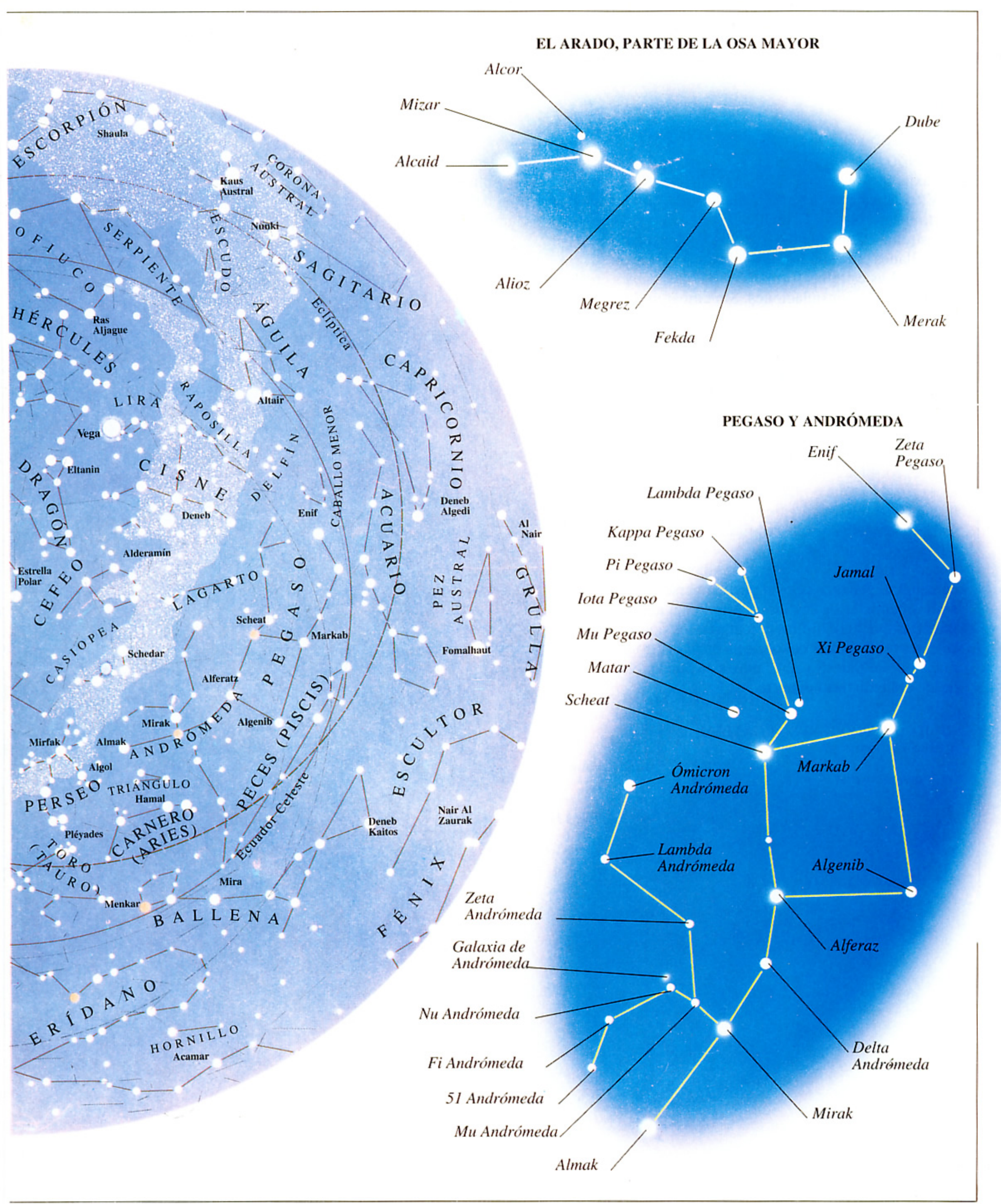


Estrellas del hemisferio norte

CUANDO SE MIRA EL CIELO HACIA EL NORTE, se está mirando en la dirección opuesta al densamente poblado centro de la Galaxia. Por eso, el cielo del norte generalmente tiene una apariencia menos brillante que el del sur (págs. 76-77). En el cielo del norte son muy conocidas las constelaciones de la Osa Mayor y Orión. Algunas civilizaciones antiguas creían que las estrellas estaban pegadas a una esfera celeste que envolvía a la Tierra, y los mapas modernos de las estrellas se basan en una idea parecida. Los polos Norte y Sur de esta esfera celeste imaginaria se sitúan directamente encima de los polos Norte y Sur de la Tierra, en los puntos donde el eje de rotación de la Tierra corta a la esfera. El Polo Norte celeste está en el centro del mapa que se muestra aquí, y Polaris (la estrella Polar) está muy cerca de él. El ecuador celeste delimita la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera. La eclíptica marca la trayectoria del Sol a través del cielo mientras la Tierra describe su órbita alrededor del Sol. La Luna y los planetas se mueven con respecto al fondo de estrellas porque las estrellas están mucho más lejos; la estrella más cercana al Sistema Solar (Próxima Centauri) está 50.000 veces más lejos que el planeta Júpiter.



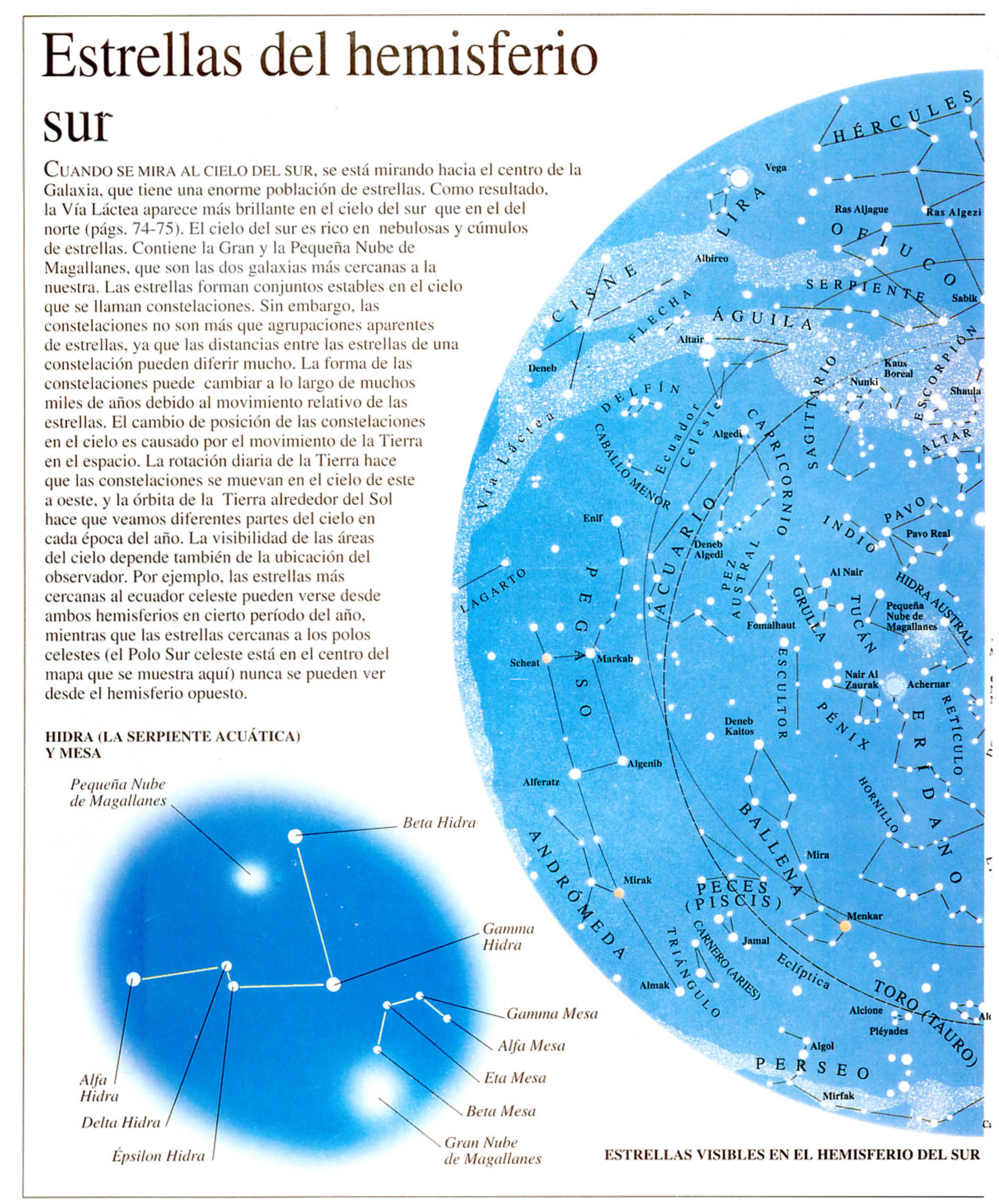
ESTRELLAS VISIBLES EN EL HEMISFERIO NORTE



EL ARADO, PARTE DE LA OSA MAYOR
Alcor
Mizar
Alcaid
Dube
Alioz
Megrez
Fekda
Merak
PEGASO Y ANDRÓMEDA
Enif
Zeta Pegaso
Lambda Pegaso
Kappa Pegaso
Pi Pegaso
Jamal
Iota Pegaso
Mu Pegaso
Xi Pegaso
Matar
Scheat
Markab
Ómicron Andrómeda
Lambda Andrómeda
Algenib
Zeta Andrómeda
Alferaz
Galaxia de Andrómeda
Nu Andrómeda
Delta Andrómeda
Fi Andrómeda
51 Andrómeda
Mirak
Mu Andrómeda
Almak
ESCORPIÓN
Shaula
Kaus Austral
CORONA AUSTRAL
OFIUCO
SERPIENTE
ESCUDO
Nunki
SAGITARIO
HÉRCULES
Ras Aljague
ÁGUILA
Eclíptica
CAPRICORNIO
LIRA
RAPOSILLA
Altair
Vega
CABALLO MENOR
DELFÍN
DRAGÓN
Eltanin
CISNE
Deneb
Enif
ACUARIO
Deneb Algedi
Al Nair
Alderamín
Estrella Polar
CEFEO
LAGARTO
PEGASO
PEZ AUSTRAL
GRULLA
Scheat
Markab
CASIOPEA
Schedar
Fomalhaut
Alferatz
ANDRÓMEDA
PECES (PISCIS)
Mirak
Algenib
ESCULTOR
Mirfak
Almak
Algol
PERSEO
TRIÁNGULO
Hamal
CARNERO (ARIES)
Ecuador Celeste
Deneb Kaitos
Nair Al Zaurak
Pléyades
TORO (TAURO)
Mira
Menkar
BALLENA
FÉNIX
ERÍDANO
HORNILLO
Acamar

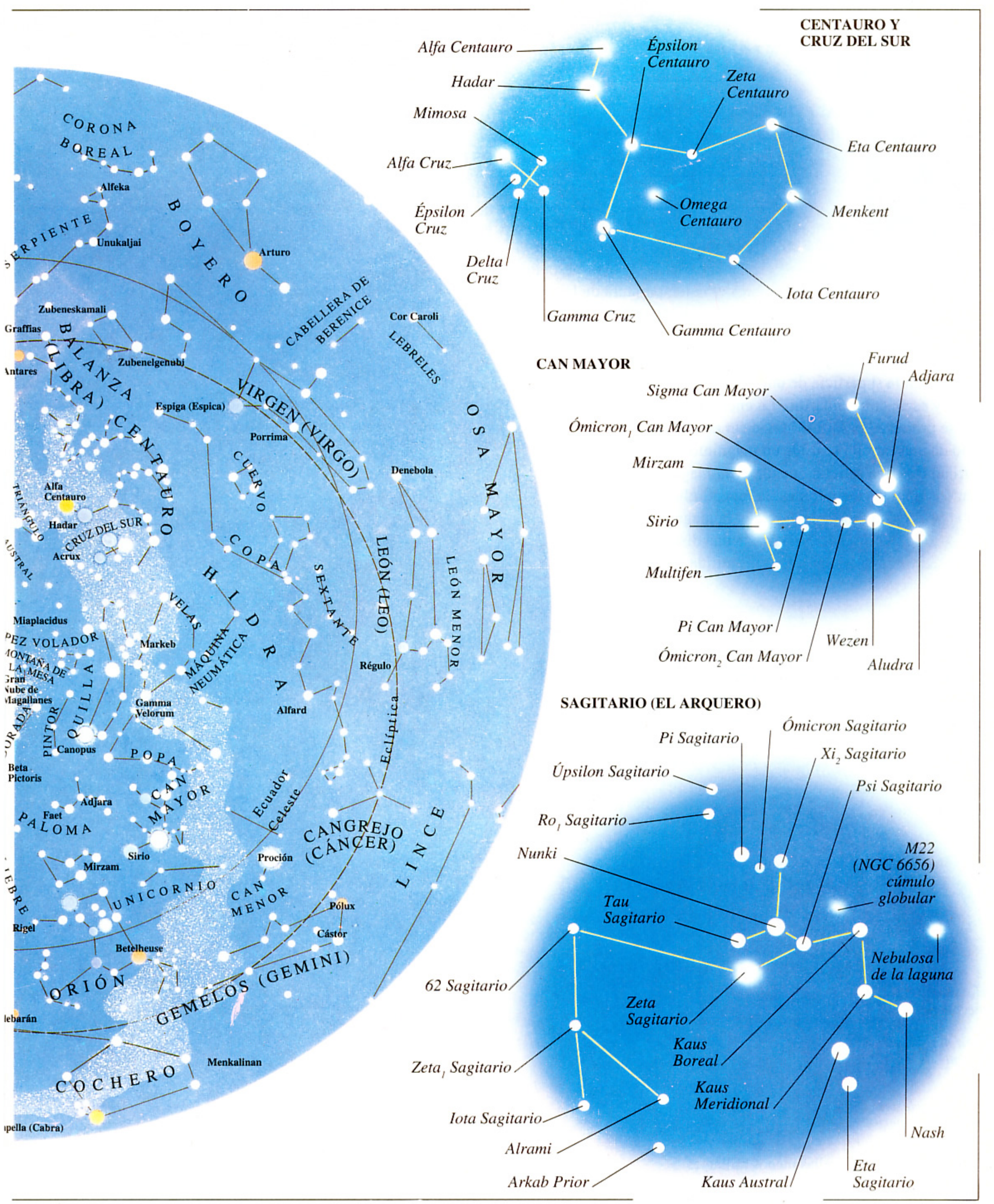
Estrellas del hemisferio sur

CUANDO SE MIRA AL CIELO DEL SUR, se está mirando hacia el centro de la Galaxia, que tiene una enorme población de estrellas. Como resultado, la Vía Láctea aparece más brillante en el cielo del sur que en el del norte (págs. 74-75). El cielo del sur es rico en nebulosas y cúmulos de estrellas. Contiene la Gran y la Pequeña Nube de Magallanes, que son las dos galaxias más cercanas a la nuestra. Las estrellas forman conjuntos estables en el cielo que se llaman constelaciones. Sin embargo, las constelaciones no son más que agrupaciones aparentes de estrellas, ya que las distancias entre las estrellas de una constelación pueden diferir mucho. La forma de las constelaciones puede cambiar a lo largo de muchos miles de años debido al movimiento relativo de las estrellas. El cambio de posición de las constelaciones en el cielo es causado por el movimiento de la Tierra en el espacio. La rotación diaria de la Tierra hace que las constelaciones se muevan en el cielo de este a oeste, y la órbita de la Tierra alrededor del Sol hace que veamos diferentes partes del cielo en cada época del año. La visibilidad de las áreas del cielo depende también de la ubicación del observador. Por ejemplo, las estrellas más cercanas al ecuador celeste pueden verse desde ambos hemisferios en cierto período del año, mientras que las estrellas cercanas a los polos celestes (el Polo Sur celeste está en el centro del mapa que se muestra aquí) nunca se pueden ver desde el hemisferio opuesto.



HIDRA (LA SERPIENTE ACUÁTICA) Y MESA

ESTRELLAS VISIBLES EN EL HEMISFERIO DEL SUR


CENTAURO Y CRUZ DEL SUR
Alfa Centauro
Hadar
Mimosa
Alfa Cruz
Épsilon Cruz
Delta Cruz
Gamma Cruz
Épsilon Centauro
Zeta Centauro
Eta Centauro
Omega Centauro
Menkent
Iota Centauro
Gamma Centauro
CAN MAYOR
Furud
Adjara
Sigma Can Mayor
Ómicron1 Can Mayor
Mirzam
Sirio
Multifen
Pi Can Mayor
Ómicron2 Can Mayor
Wezen
Aludra
SAGITARIO (EL ARQUERO)
Pi Sagitario
Ómicron Sagitario
Xi2 Sagitario
Úpsilon Sagitario
Psi Sagitario
Ro1 Sagitario
Nunki
M22 (NGC 6656) cúmulo globular
Tau Sagitario
62 Sagitario
Nebulosa de la laguna
Zeta Sagitario
Kaus Boreal
Zeta1 Sagitario
Kaus Meridional
Iota Sagitario
Nash
Alrami
Arkab Prior
Kaus Austral
Eta Sagitario
CORONA BOREAL
Alfeka
SERPIENTE
Unukaljai
BOYERO
Arturo
Zubeneskamali
Graffias
BALANZA (LIBRA)
Zubenelgenubi
Antares
CABELLERA DE BERENICE
Cor Caroli
LEBRELES
VIRGEN (VIRGO)
Espiga (Espica)
Porrima
OSA MAYOR
CENTAURO
CUERVO
Denebola
TRIÁNGULO
AUSTRAL
Alfa Centauro
Hadar
CRUZ DEL SUR
Acrux
COPA
HIDRA
SEXTANTE
LEÓN (LEO)
LEÓN MENOR
Miaplacidus
VELAS
PEZ VOLADOR
Markeb
MÁQUINA NEUMÁTICA
Régulo
MONTAÑA DE LA MESA
Gran Nube de Magallanes
QUILLA
Gamma Velorum
Alfard
Eclíptica
DORADA
PINTOR
Canopus
POPA
Beta Pictoris
CAN MAYOR
Ecuador Celeste
Adjara
Faet
PALOMA
CANGREJO (CÁNCER)
LINCE
Sirio
Proción
Mirzam
UNICORNIO
CAN MENOR
LIEBRE
Pólux
Rigel
Cástor
Betelheuse
ORIÓN
GEMELOS (GEMINI)
Aldebarán
Menkalinan
COCHERO
Capella (Cabra)

Estrellas



CÚMULO DE ESTRELLAS ABIERTO Y NUBE DE POLVO

LAS ESTRELLAS SON CUERPOS calientes y luminosos de gas que se forman en las nebulosas (págs. 82-83). Su tamaño, masa y temperatura son muy variables: sus diámetros van desde unas 450 veces menos que el del Sol hasta unas 1.000 veces mayores; las masas varían desde una vigésima parte de la solar, hasta unas 50 masas solares, y la temperatura de la superficie oscila desde unos 3.000 ºC a más de 50.000 ºC. El color de una estrella está determinado por su temperatura: las estrellas más calientes son azules y las más frías, rojas. El Sol, con una temperatura en la superficie de unos 5.500 ºC, está entre estos extremos y es de color amarillo. La energía emitida por una estrella se produce por la fusión nuclear en su centro. El brillo de una estrella se mide en magnitudes: mientras más brillante es una estrella, menor es su magnitud. Existen dos tipos de magnitudes: la magnitud aparente, que es el brillo visto desde la Tierra, y la magnitud absoluta, que es el brillo que se percibiría desde una distancia estándar de 10 parsecs (32,6 años luz). La luz emitida por una estrella se puede descomponer, y formar un espectro que contiene una serie de líneas oscuras (líneas de absorción). La disposición de las líneas indica la presencia de distintos elementos químicos, lo que permite que los astrónomos puedan deducir la composición de la atmósfera de la estrella. La magnitud y el tipo espectral (color) de las estrellas se pueden representar en un gráfico que se llama Diagrama de Hertzsprung-Russell, y que muestra que las estrellas tienden a pertenecer a varios grupos bien definidos. Los principales grupos son las estrellas de la secuencia principal (aquellas que fusionan hidrógeno para convertirlo en helio), las gigantes, las supergigantes y las enanas blancas.

TAMAÑOS DE LAS ESTRELLAS

Gigantes rojas (diámetros de entre 15 millones y 150 millones de km.)

El Sol (estrella de la secuencia principal con diámetro de unos 1,4 millones de km.)

Enanas blancas (diámetros de entre 3.000 y 50.000 km.)

ENERGIA EMITIDA POR EL SOL

La fusión nuclear en el centro genera rayos gamma y neutrinos

Los neutrinos llegan a la Tierra directamente desde el centro del Sol en unos 8 minutos

La radiación de baja energía llega a la Tierra en unos 8 minutos

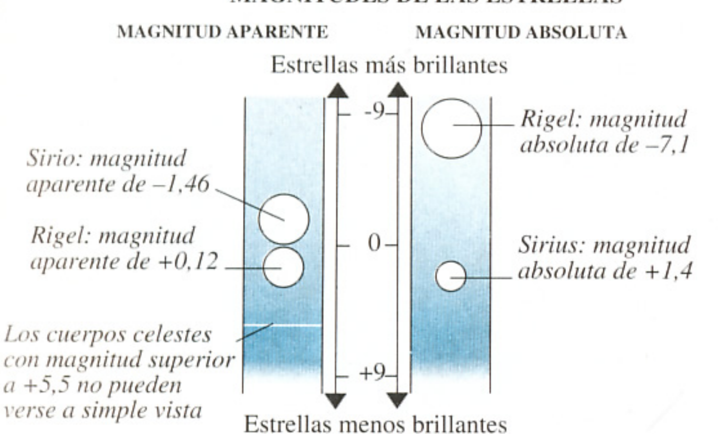
Tierra

Sol

La radiación de baja energía (principalmente rayos de luz visible, ultravioleta e infrarroja) abandona la superficie

La radiación de alta energía (rayos gamma) pierde energía mientras viaja a la superficie durante más de 2 millones de años

MAGNITUDES DE LAS ESTRELLAS



FUSIÓN NUCLEAR EN ESTRELLAS DE LA SECUENCIA PRINCIPAL DEL TIPO DEL SOL

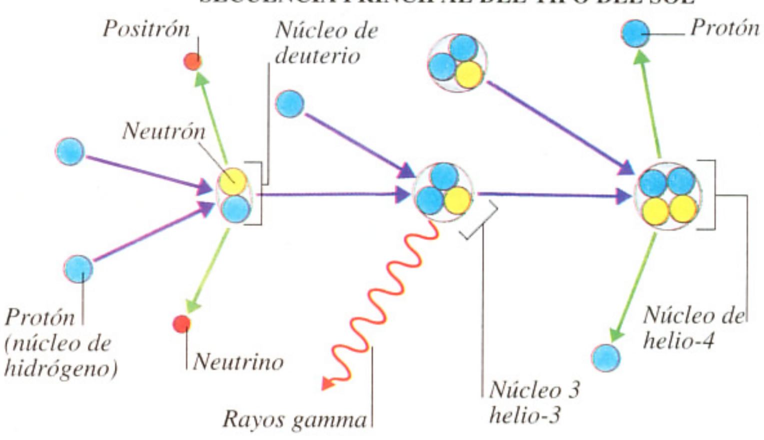


DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL

Estrellas más calientes — TEMPERATURA (°C) — Estrellas más frías

50.000 | 10.000 | 5.000 | 3.500 | 3.000

Estrellas más brillantes

-7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 +6 +7 +8 +9 +10 +11 +12 +13 +14 +15 +16

Estrellas menos brillantes

MAGNITUD VISUAL ABSOLUTA

SUPERGIGANTES

GIGANTES

ESTRELLAS DE LA SECUENCIA PRINCIPAL

ENANAS BLANCAS

Deneb (supergigante azul)

Sirio A (estrella pesada de la secuencia principal)

Sirio B (enana blanca)

Betelgeuse (supergigante roja)

Arturo (gigante roja)

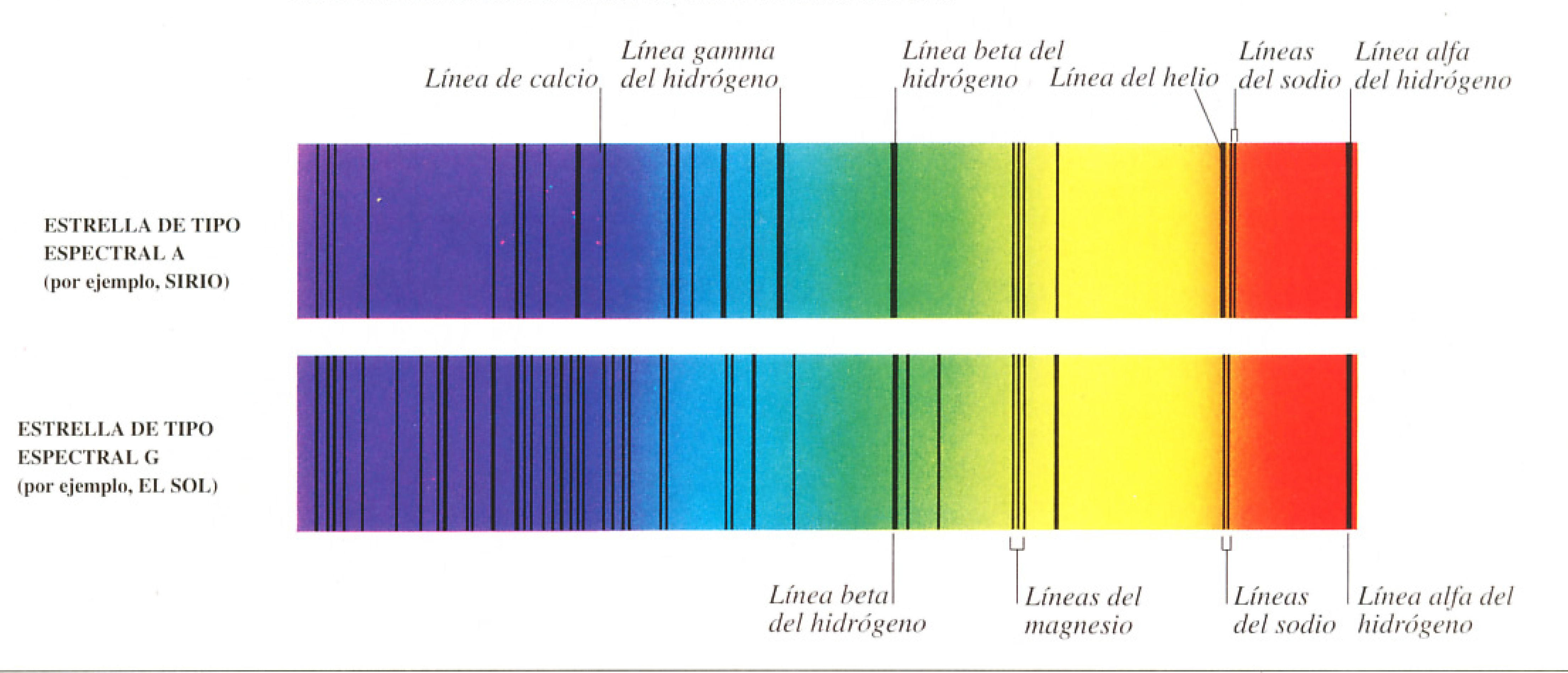
El Sol (enana amarilla) de la secuencia principal)

Estrella de Barnard (enana roja de la secuencia principal)

O5 B0 A0 F0 G0 K0 M0 M5

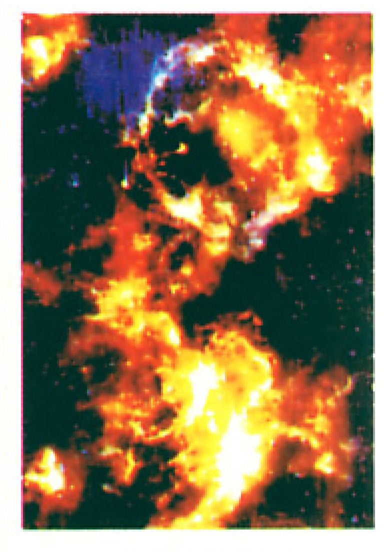
TIPO ESPECTRAL

LÍNEAS DE ABSORCIÓN ESPECTRAL EN ESTRELLAS





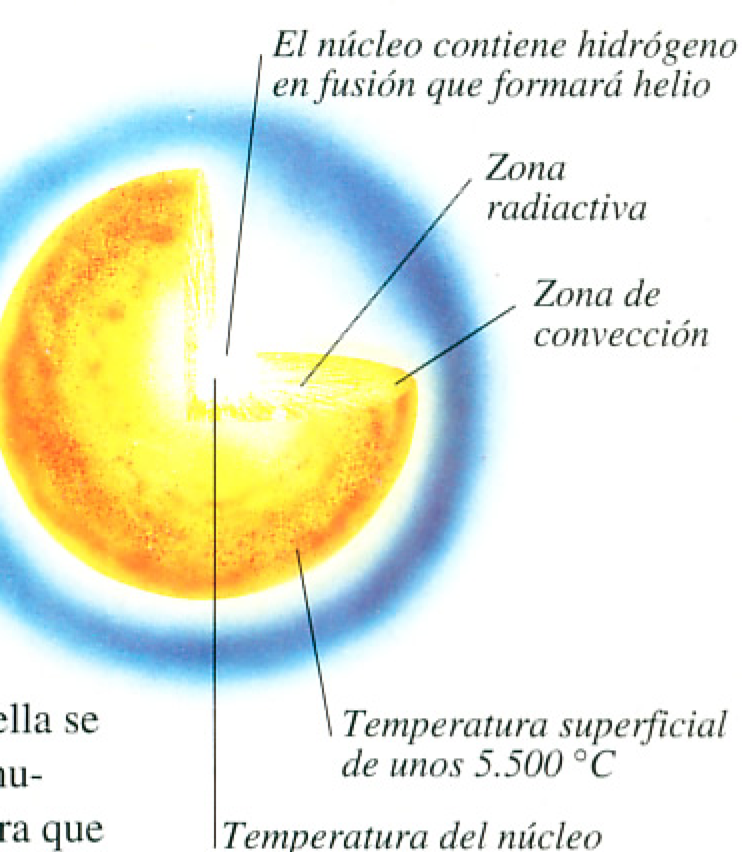
Estrellas pequeñas



REGIÓN DE ESTRELLAS EN FORMACIÓN EN ORIÓN

LAS ESTRELLAS PEQUEÑAS TIENEN UNA MASA de hasta una vez y media la del Sol. Comienzan a formarse cuando una región de mayor densidad de una nebulosa se condensa en un enorme glóbulo de gas y polvo que se contrae por la acción de su propia gravedad. Dentro del glóbulo, hay regiones de materia en condensación que se calientan y empiezan a brillar formando protoestrellas. Si una protoestrella contiene suficiente materia, la temperatura central puede llegar a 15 millones de grados Celsius. A esta temperatura se inician reacciones nucleares en las cuales el hidrógeno se fusiona para formar helio. Este proceso libera energía, que hace brillar a la estrella e impide que se contraiga. La estrella está ahora en la secuencia principal. Una estrella de aproximadamente una masa solar permanece en la secuencia principal durante unos 10.000 millones de años, hasta que el hidrógeno del núcleo de la estrella se haya convertido en helio. El núcleo de helio se contrae entonces de nuevo, y las reacciones nucleares continúan en la capa que rodea al núcleo. El núcleo se calienta lo suficiente como para que el helio se fusione formando carbono, mientras que las capas externas de la estrella se expanden, se enfrían y pierden brillo. A la estrella en expansión se la llama gigante roja. Cuando se agota el helio del núcleo, las capas exteriores de la estrella se expanden en forma de cascarón de gas y forman una nebulosa planetaria. El resto del núcleo (un 80 por ciento de la estrella original) está ahora en sus momentos finales. La estrella se convierte en una enana blanca que gradualmente se enfría y se apaga. Cuando finalmente deje de brillar, la estrella muerta se transformará en una enana negra.

ESTRUCTURA DE UNA ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL



ESTRUCTURA DE UNA NEBULOSA

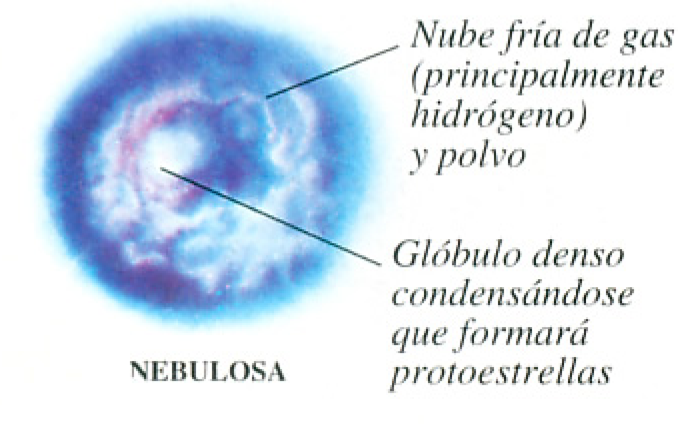
Estrella joven de la secuencia principal

Región densa de polvo y gas (principalmente hidrógeno en condensación debido a la gravedad que formará glóbulos

Gas hidrógeno ionizado emitiendo luz roja al ser estimulado por radiación de estrellas jóvenes calientes

Glóbulo oscuro de polvo y gas (principalmente hidrógeno) en contracción que formará protoestrellas

VIDA DE UNA ESTRELLA PEQUEÑA DE APROXIMADAMENTE UNA MASA SOLAR

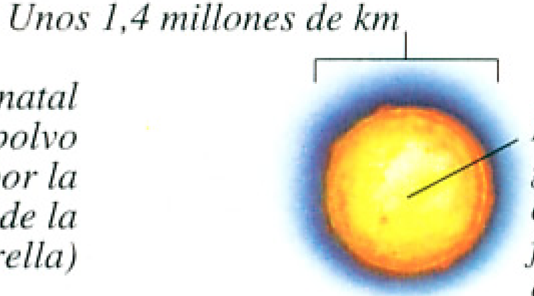


NEBULOSA

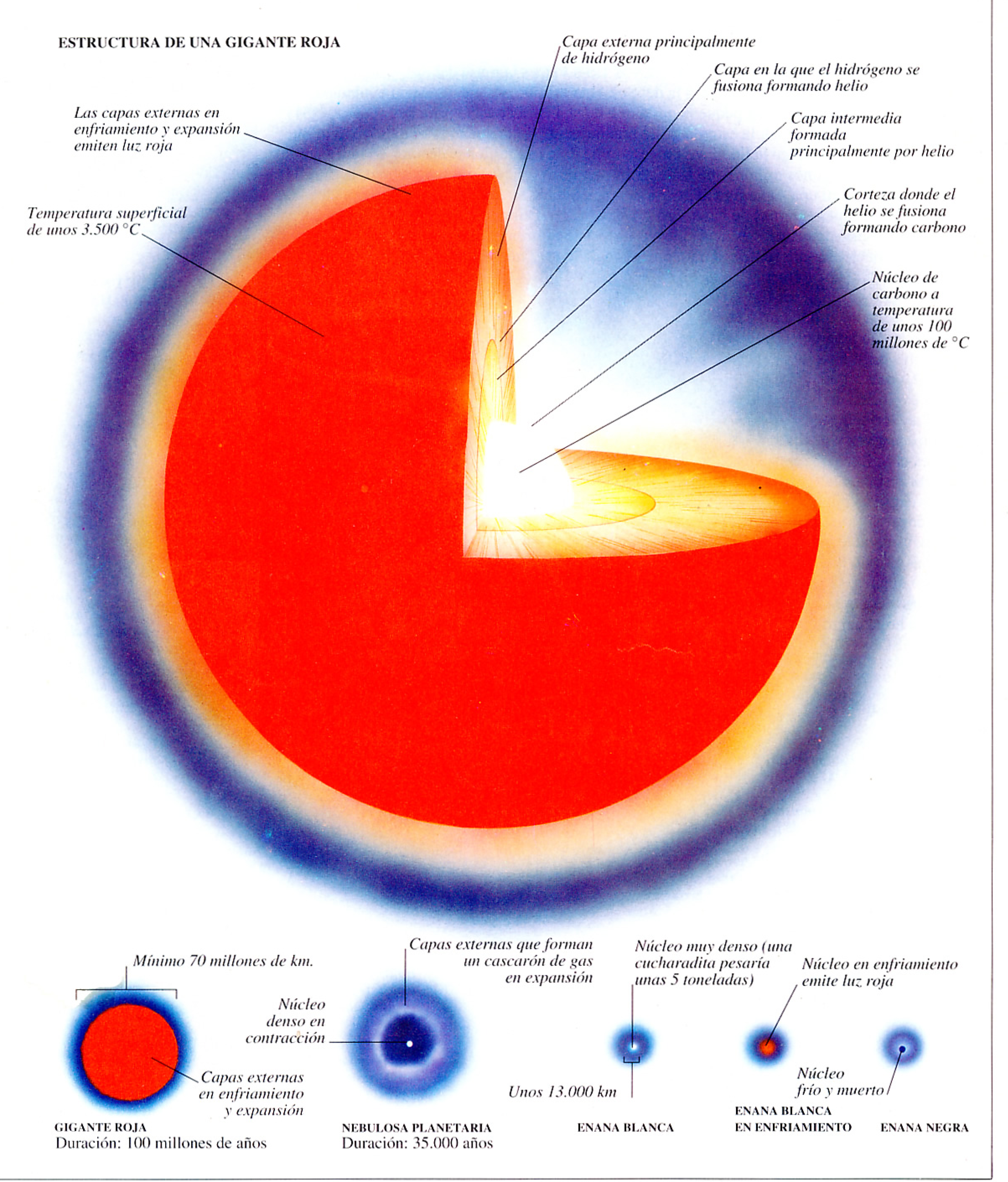
Bola de gas brillante (principalmente hidrógeno)

Capullo natal (capa de polvo expulsada por la radiación de la protoestrella)

PROTOESTRELLA
Duración: 50 millones de años



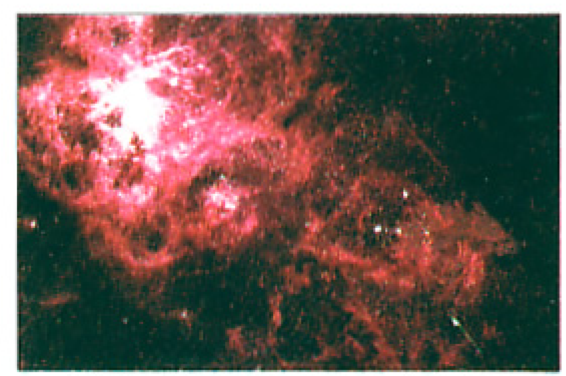
ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL
Duración: 10.000 millones de años


ESTRUCTURA DE UNA GIGANTE ROJA
Capa externa principalmente de hidrógeno
Capa en la que el hidrógeno se fusiona formando helio
Las capas externas en enfriamiento y expansión emiten luz roja
Capa intermedia formada principalmente por helio
Temperatura superficial de unos 3.500 °C
Corteza donde el helio se fusiona formando carbono
Núcleo de carbono a temperatura de unos 100 millones de °C
Mínimo 70 millones de km.
Capas externas que forman un cascarón de gas en expansión
Núcleo muy denso (una cucharadita pesaría unas 5 toneladas)
Núcleo en enfriamiento emite luz roja
Núcleo denso en contracción
Capas externas en enfriamiento y expansión
Unos 13.000 km
Núcleo frío y muerto
GIGANTE ROJA
Duración: 100 millones de años
NEBULOSA PLANETARIA
Duración: 35.000 años
ENANA BLANCA
ENANA BLANCA EN ENFRIAMIENTO
ENANA NEGRA

Estrellas pesadas

LAS ESTRELLAS PESADAS TIIENEN POR LO MENOS TRES VECES la masa del Sol, y algunas pueden llegar a tener una masa de hasta 50 veces la del Sol. Una estrella pesada tiene una evolución muy parecida a la de una estrella pequeña hasta que llega a la secuencia principal (págs. 80-81). Durante la secuencia principal, la estrella brilla regularmente hasta que todo el hidrógeno de su núcleo se ha transformado en helio. Este proceso toma miles de millones de años en una estrella pequeña, pero sólo algunos millones de años en una estrella pesada. En ese momento, la estrella pesada se convierte en una supergigante roja, que inicialmente está constituida por un núcleo de helio rodeado de capas externas de gases fríos en expansión. Durante los millones de años siguientes, una serie de reacciones nucleares va formando diferentes elementos en las capas que rodean al núcleo de hierro. Llega un momento en el que el núcleo colapsa en menos de un segundo, causando una tremenda explosión llamada supernova, en la cual la onda expansiva suelta las capas exteriores de la estrella. Durante un corto período, la supernova brilla más que toda una galaxia. A veces, el núcleo sobrevive a la explosión de la supernova. Si el núcleo sobreviviente tiene entre una vez y media y tres veces el Sol, se contrae y se transforma en una diminuta y densa estrella de neutrones. Si el núcleo es considerablemente más pesado que tres masas solares, se contrae hasta convertirse en un hoyo negro (págs. 84-85).

SUPERNOVA



NEBULOSA DE LA TARÁNTULA ANTES DE LA SUPERNOVA

ESTRUCTURA DE UNA SUPERGIGANTE ROJA

Capa externa principalmente de hidrógeno

Capa de helio

Capa de carbono

Capa de oxígeno

Capa de silicio

Corteza de hidrógeno fusionándose que formará helio

Corteza de helio fusionándose que formará carbono

Corteza de carbono fusionándose que formará oxígeno

Corteza de oxígeno fusionándose que formará silicio

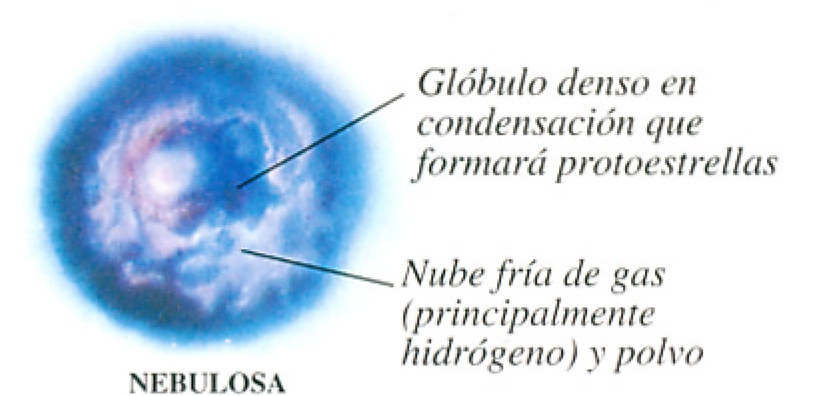
Corteza de silicio fusionándose que formará hierro

Temperatura superficial de unos 3.000 °C

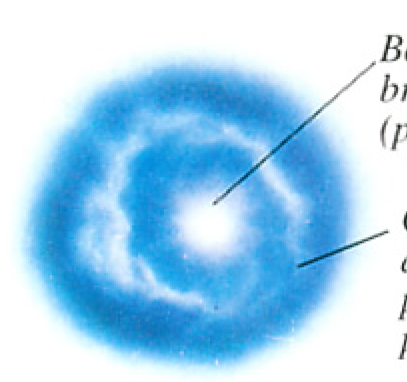
Capas externas en expansión, enfriamiento y emisión de luz roja

Núcleo principalmente de hierro a una temperatura de entre 3.000 y 5.000 millones de °C

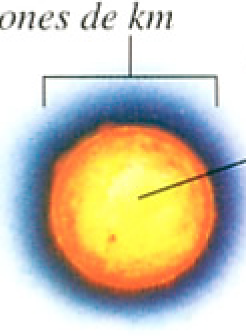
VIDA DE UNA ESTRELLA CON UNAS DIEZ VECES LA MASA DEL SOL



NEBULOSA



PROTOESTRELLA
Duración: varios cientos de miles de años



ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL
Duración: 10 millones de años

CARACTERÍSTICAS DE UNA SUPERNOVA

NEBULOSA DE LA TARÁNTULA
MOSTRANDO LA SUPERNOVA DE 1987

Gases eyectados (capas externas de la estrella expulsadas durante la explosión) viajan a velocidades de hasta 10.000 km/segundo

Onda de choque en propagación desde el núcleo hacia afuera a velocidades de hasta 30.000 km/segundo

Onda de choque invertida que viaja hacia dentro, calienta los gases eyectados y los hace brillar

Elementos químicos pesados dispersos en el espacio por la explosión

Temperatura central de más de 10.000 millones de °C

Núcleo en contracción constituido por restos de neutrones tras la explosión

Energía luminosa de 1.000 millones de soles emitida durante la explosión

Núcleo extremadamente denso (una cucharadita pesaría mil millones de toneladas)

Unos 10 km

Núcleo con masa de menos de tres masas solares

ESTRELLA DE NEUTRONES

Unos 100 millones de km

Capas externas en expansión y enfriamiento

SUPERGIGANTE ROJA
Duración: 4 millones de años

Capas externas de la estrella lanzadas hacia fuera en la explosión

Núcleo central en contracción que puede quedar tras la supernova

SUPERNOVA
Duración visible: 1-2 años

Núcleo de masa superior a tres masas solares continúa contrayéndose hasta formar un agujero negro

Disco de acreción (ver glosario)

AGUJERO NEGRO

Estrellas de neutrones y hoyos negros

LAS ESTRELLAS DE NEUTRONES Y LOS HOYOS NEGROS se forman a partir de los núcleos estelares que quedan de la explosión de una supernova (págs. 82-83). Si el resto del núcleo tiene una masa de una vez y media a tres veces la del Sol, se contraerá para formar un hoyo negro. Las estrellas de neutrones típicas tienen sólo unos diez kilómetros de diámetro, y están constituidas casi enteramente por unas partículas subatómicas llamadas neutrones. Estas estrellas son tan densas que una cucharadita de su materia pesaría cerca de mil millones de toneladas. Las estrellas de neutrones se observan como pulsares, llamados así porque giran rápidamente y emiten dos haces de ondas de radio que barren el cielo y son detectados como pulsos muy breves. Los hoyos negros se caracterizan por su extremadamente fuerte fuerza gravitatoria, tan poderosa que ni siquiera la luz puede escapar de su atracción; como consecuencia, los hoyos negros son invisibles. Sin embargo, se pueden detectar si están acompañados de una estrella cercana. La gravedad del hoyo negro atrae el gas de la otra estrella, y forma un disco de acreción que gira a alta velocidad alrededor del hoyo negro, calentándose y emitiendo radiación. Al cabo del tiempo, la materia del disco se acerca lo suficiente al hoyo negro y atraviesa el horizonte de eventos (el borde del hoyo negro), desapareciendo del Universo visible.

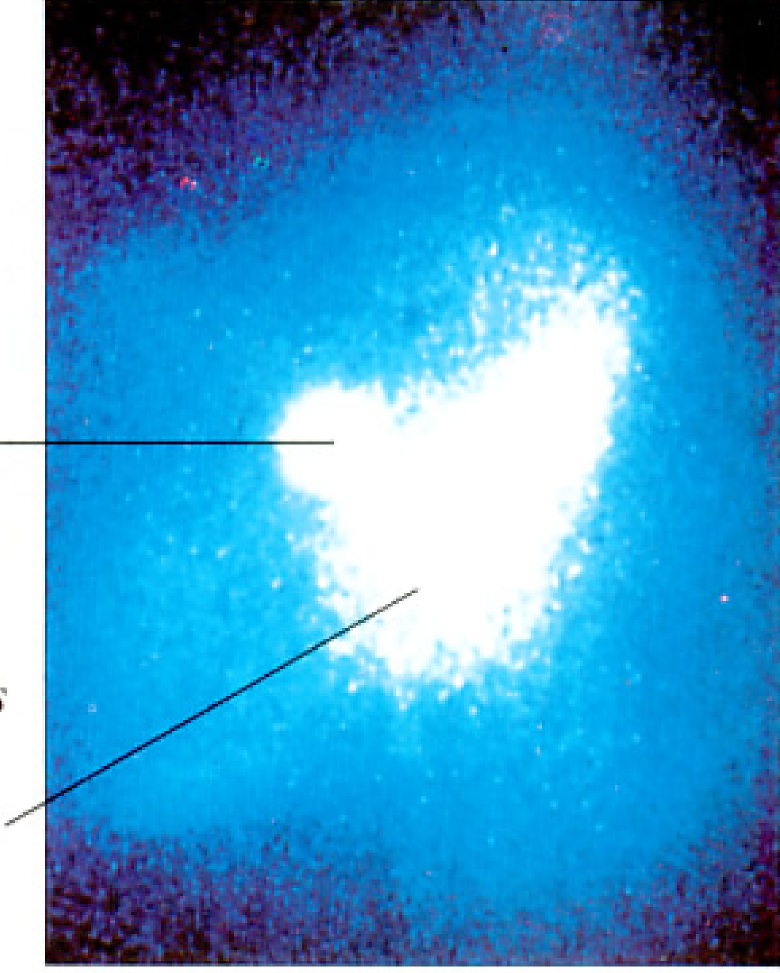


IMAGEN EN RAYOS-X DE LA NEBULOSA DEL CANGREJO (RESTO DE SUPERNOVA)

PULSAR (ESTRELLA DE NEUTRONES EN ROTACIÓN)

Eje de rotación de las estrellas de neutrones

Haz de ondas de radio probablemente producidas por la rotación veloz del campo magnético

Trayectoria del haz de ondas de radio

Eje magnético

Polo Norte

Región del Polo Norte magnético

Corteza externa sólida y cristalina

Línea de campo magnético

Corteza interna, sólida y rica en neutrones

Capa de superfluido de neutrones

Eje magnético

Núcleo sólido

Haz de ondas de radio probablemente producidas por la rotación veloz del campo magnético

Polo Sur

Región del Polo Sur magnético

HOYO NEGRO ESTELAR

Estrella supergigante azul

Corriente de gas (la gravitación del hoyo negro atrae a las capas externas de la supergigante azul cercana)

Singularidad (región donde teóricamente hay densidad, presión y temperatura infinitas)

Punto caliente (región con fricción muy intensa en la que la corriente de gas se une al disco de acreción)

Gas en la región externa del disco de acreción emitiendo radiación de baja energía

Horizonte de eventos (frontera del hoyo negro)

Gas caliente en la parte interna del disco de acreción emitiendo rayos-X de alta energía

Disco de acreción (materia en órbita espiral alrededor del hoyo negro)

Hoyo negro

Gas a temperaturas de millones de ºC en órbita espiral a velocidades cercanas a la de la luz

FORMACIÓN DE UN HOYO NEGRO

Restos del núcleo estelar tras la explosión de la supernova

Capas externas de la estrella pesada lanzadas hacia fuera en la explosión

SUPERNOVA

Rayos de luz con inclinación creciente por la gravitación a medida que el núcleo se colapsa

El núcleo de masa superior a 3 masas solares se colapsa por su propia gravedad

La densidad, presión y temperatura del núcleo aumentan a medida que éste se colapsa

NÚCLEO ESTELAR EN COLAPSO

El núcleo se encoge haciéndose más pequeño que el horizonte de eventos y se convierte en un hoyo negro

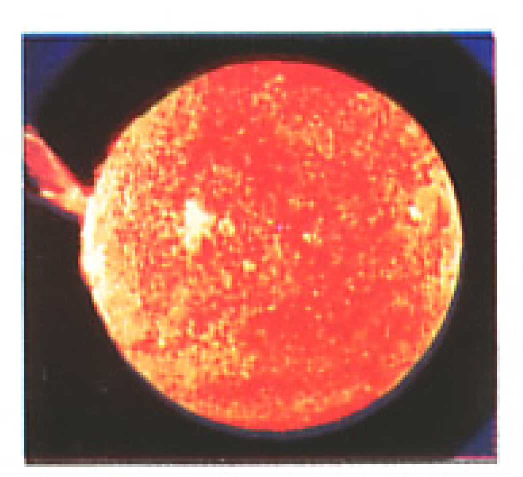
Los rayos de luz no pueden escapar debido a la fuerte gravedad

Horizonte de eventos

Singularidad (región donde teóricamente hay densidad, presión y temperatura infinitas)

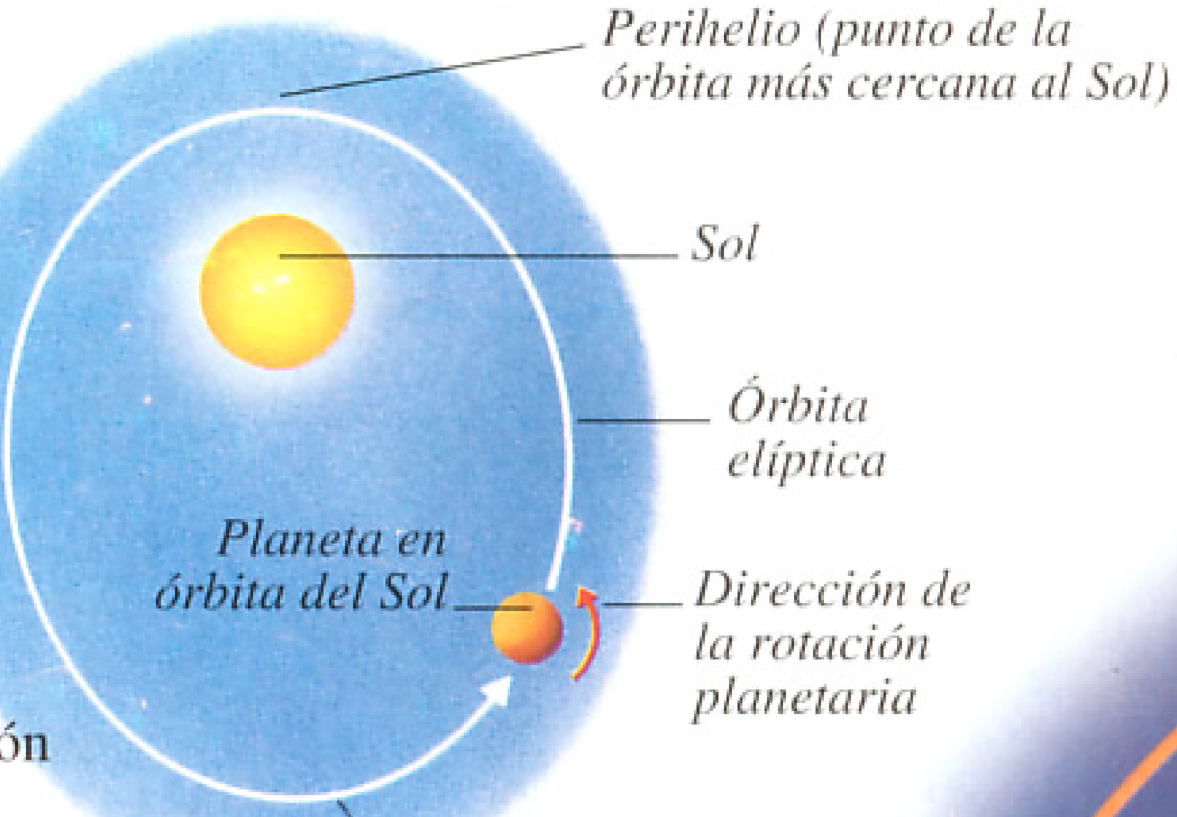
HOYO NEGRO

El Sistema Solar


EL SOL

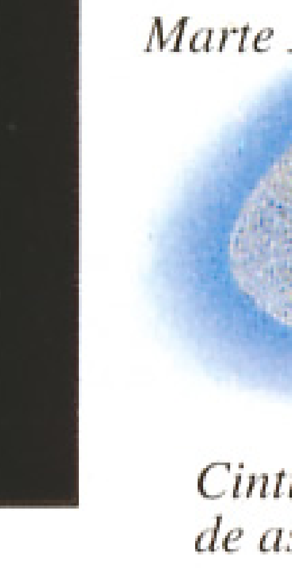
EL SISTEMA SOLAR está constituido por una estrella central (el Sol) y los cuerpos que orbitan a su rededor. Estos cuerpos incluyen nueve planetas y sus 61 lunas conocidas; asteroides; cometas y meteoroides. El Sistema Solar también contiene gas interplanetario y polvo. La mayoría de los planetas pertenece a dos grupos: cuatro pequeños planetas rocosos cercanos al Sol (Mercurio, Venus, Tierra y Marte); y cuatro planetas más distantes, los gigantes de gas (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Plutón no pertenece a ningún grupo, es muy pequeño, sólido y helado. Plutón es el planeta más exterior, excepto cuando pasa por el interior de la órbita de Neptuno. Entre los planetas rocosos y los gigantes de gas está el cinturón de asteroides, que contiene miles de pedazos de roca que orbitan en torno al Sol. La mayoría de los cuerpos del Sistema Solar gira en torno al Sol en órbitas elípticas situadas en un fino disco que pasa alrededor del ecuador solar. Todos los planetas giran alrededor del Sol en la misma dirección (con el movimiento contrario al de los punteros del reloj visto desde arriba) y todos, excepto Venus, Urano y Plutón, también giran en este sentido alrededor de sus ejes. Las lunas también giran sobre sus ejes mientras orbitan alrededor de sus planetas. Todo el Sistema Solar describe una órbita en torno al centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea (págs. 70-71).

ÓRBITA PLANETARIA



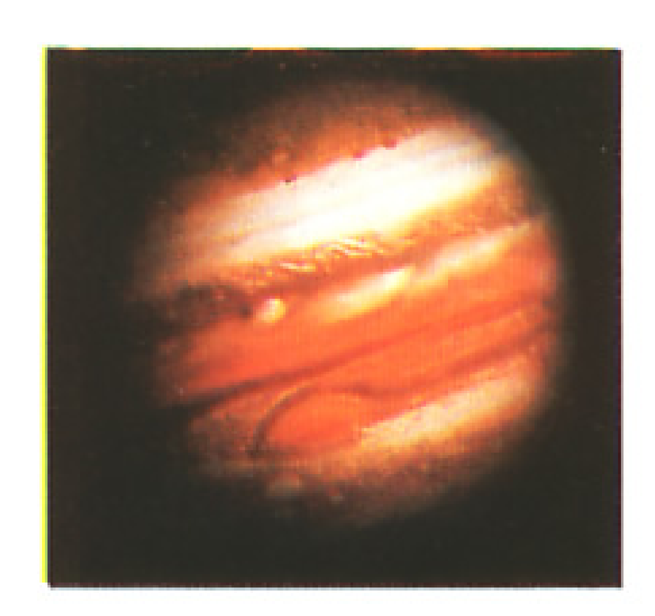
ÓRBITAS DE LOS PLANETAS INTERIORES

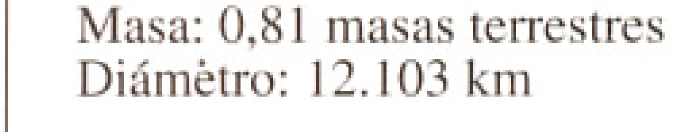





MERCURIO
Año: 87,97 días terrestres
Masa: 0,06 masas terrestres
Diámetro: 4.878 km



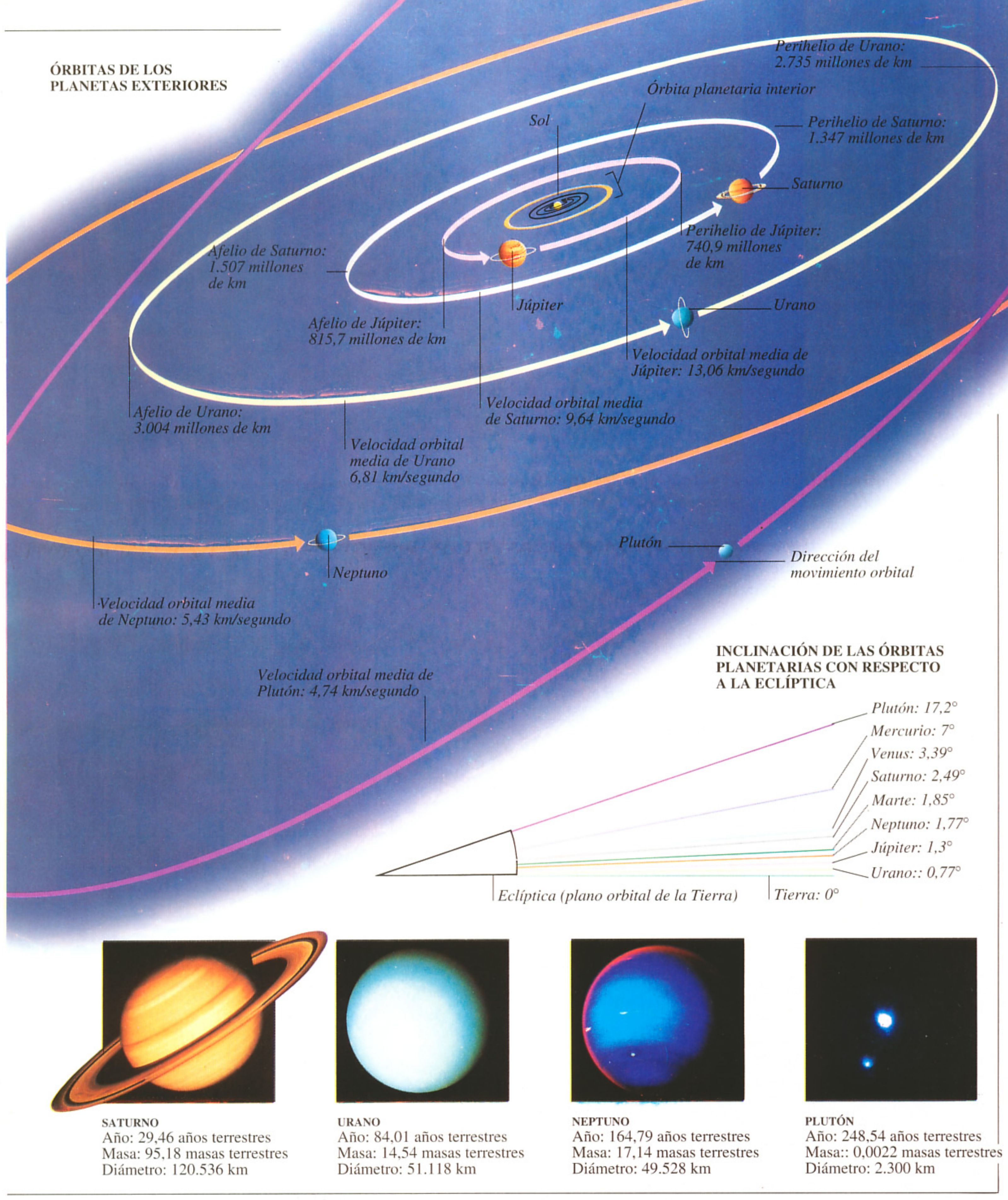



VENUS
Año: 224,7 días terrestres
Masa: 0,81 masas terrestres
Diámètro: 12.103 km

TIERRA
Año: 365,26 días
Masa: 1 masa terrestre
Diámetro: 12.756 km

MARTE
Año: 1,88 años terrestres
Masa: 0,11 masas terrestres
Diámetro: 6.786 km

JÚPITER
Año: 11,86 años terrestres
Masa: 317,94 masas terrestres
Diámetro: 142.984 km



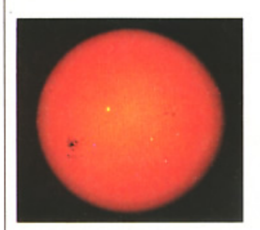
SATURNO
Año: 29,46 años terrestres
Masa: 95,18 masas terrestres
Diámetro: 120.536 km

URANO
Año: 84,01 años terrestres
Masa: 14,54 masas terrestres
Diámetro: 51.118 km

NEPTUNO
Año: 164,79 años terrestres
Masa: 17,14 masas terrestres
Diámetro: 49.528 km

PLUTÓN
Año: 248,54 años terrestres
Masa:: 0,0022 masas terrestres
Diámetro: 2.300 km

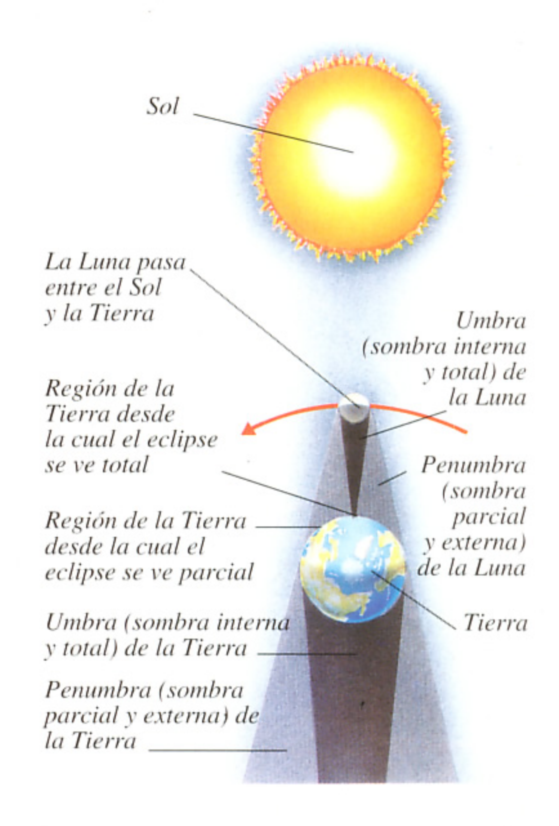
El Sol



FOTOSFERA SOLAR

El sol es la estrella del centro del Sistema Solar. Tiene unos 5.000 millones de años y continuará brillando como hasta ahora durante unos 5.000 millones de años más. El Sol es una estrella de la secuencia principal (págs. 78-79) con un diámetro de 1,4 millones de kilómetros. Está compuesto casi enteramente por hidrógeno y helio. En el núcleo del Sol, el hidrógeno se convierte en helio por fusión nuclear, proceso en el que se libera energía. La energía se desprende del núcleo a través de zonas convectivas y radiactivas, llega a la fotósfera (la superficie visible), y abandona el Sol en forma de luz y calor. En la fotósfera existen áreas generalmente oscuras y relativamente frías llamadas manchas solares que suelen aparecer en pares o grupos y que son causadas por los campos magnéticos. Otros tipos de actividades solares son erupciones, usualmente asociadas a las manchas solares, y protuberancias. Las erupciones son descargas súbitas de radiación de alta energía y partículas atómicas. Las protuberancias son como enormes lazos o filamentos de gas que se adentran en la atmósfera solar; algunas duran horas y otras, meses. Sobre la fotosfera está la cromosfera (atmósfera interior) y la extremadamente rara corona (atmósfera exterior), que se extiende en el espacio por millones de kilómetros. Las pequeñas partículas que escapan de la corona originan el viento solar, que viaja por el espacio a cientos de kilómetros por segundo. La cromósfera y la corona se pueden ver cuando la Luna eclipsa totalmente al Sol.

CÓMO SE PRODUCE UN ECLIPSE SOLAR



ECLIPSE SOLAR TOTAL

Corona (atmósfera externa de gas extremadamente caliente y difuso)

La Luna cubre al disco solar

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

Anillo de gas (protuberancia en forma de arco)

Protuberancia (chorro de gas en el borde del disco solar de cientos de miles de km de altura)

Espícula (chorro vertical de gas)

Fotosfera (superficie visible)

Cromosfera (atmósfera interior)

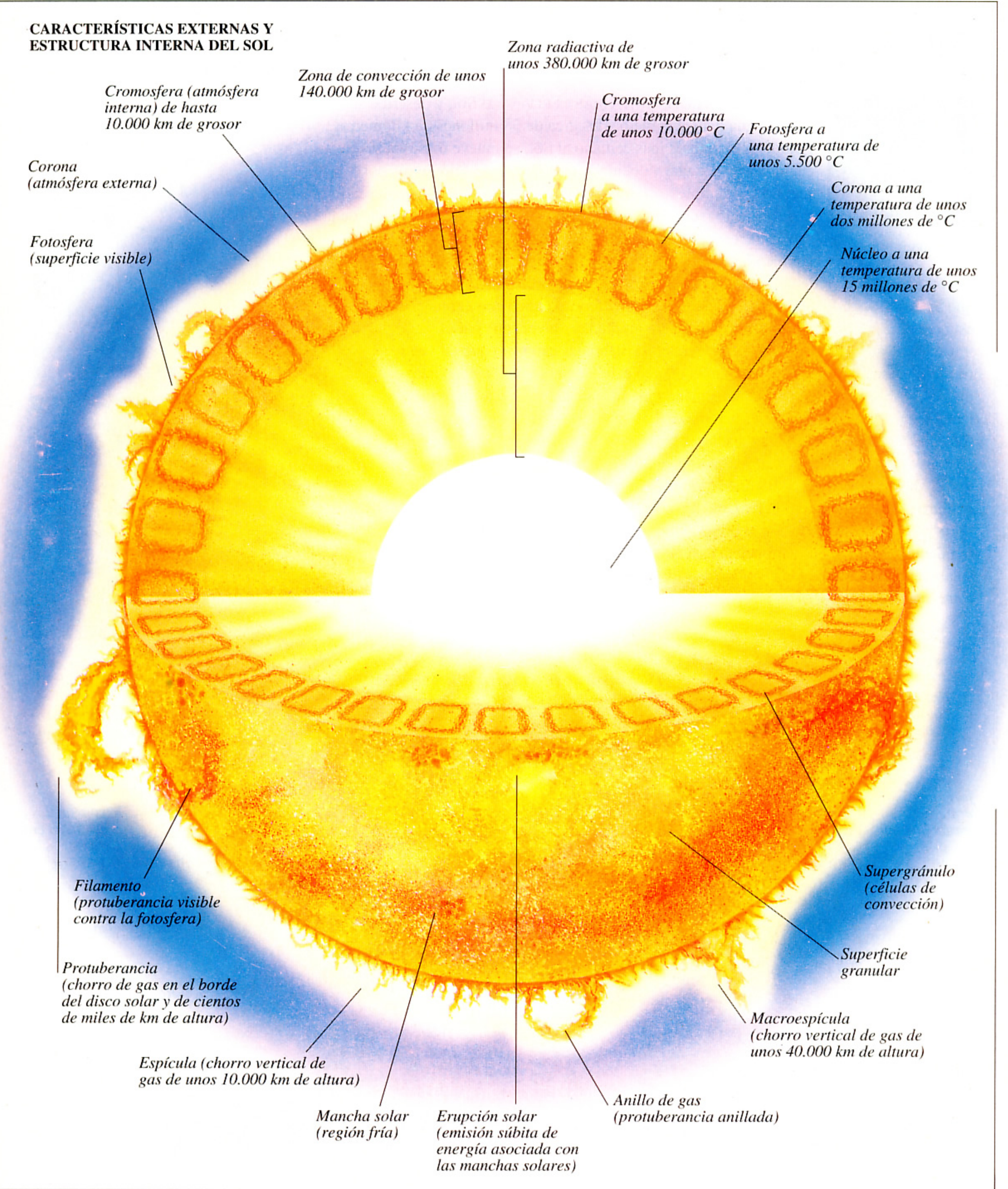
MANCHAS SOLARES

Superficie granular del Sol

Penumbra (región externa más luminoso) con fibrilación radial

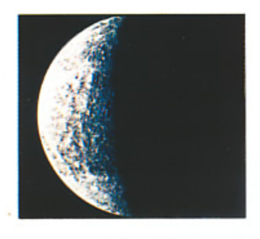
Umbra (región interna más oscura) a temperatura de unos 4.000 °C

Fotosfera a temperatura de unos 5.500 °C



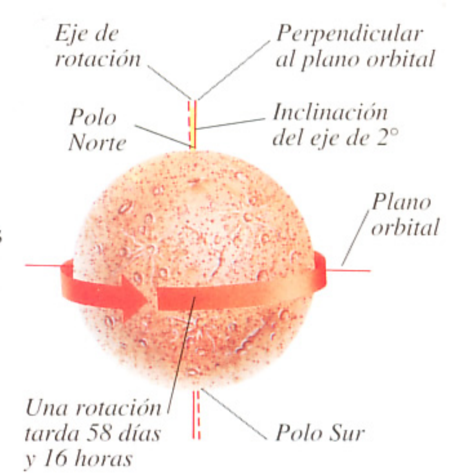
CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DEL SOL
Zona radiactiva de unos 380.000 km de grosor
Zona de convección de unos 140.000 km de grosor
Cromosfera (atmósfera interna) de hasta 10.000 km de grosor
Cromosfera a una temperatura de unos 10.000 °C
Fotosfera a una temperatura de unos 5.500 °C
Corona (atmósfera externa)
Corona a una temperatura de unos dos millones de °C
Fotosfera (superficie visible)
Núcleo a una temperatura de unos 15 millones de °C
Supergránulo (células de convección)
Filamento (protuberancia visible contra la fotosfera)
Superficie granular
Protuberancia (chorro de gas en el borde del disco solar y de cientos de miles de km de altura)
Macroespícula (chorro vertical de gas de unos 40.000 km de altura)
Espícula (chorro vertical de gas de unos 10.000 km de altura)
Anillo de gas (protuberancia anillada)
Mancha solar (región fría)
Erupción solar (emisión súbita de energía asociada con las manchas solares)

Mercurio

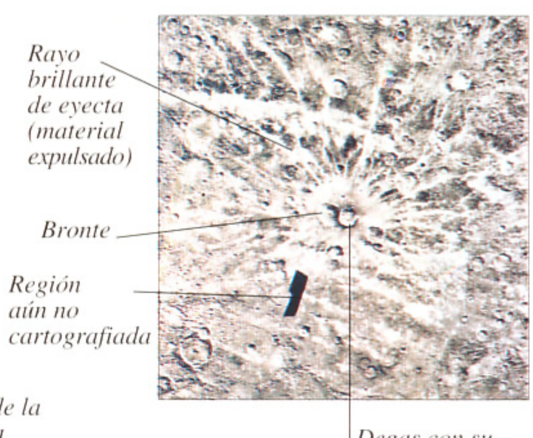

MERCURIO

MERCURIO ES EL PLANETA MAS CERCANO al Sol, y describe su órbita a una distancia media de cerca de 58 millones de kilómetros. Porque es el planeta más cercano al Sol, se mueve más rápido que cualquier otro, a una velocidad promedio de 48 kilómetros por segundo, y completa su órbita en poco menos de 88 días. Mercurio es muy pequeño (sólo Plutón es menor) y rocoso. La mayor parte de la superficie está perforada por el impacto de meteoritos, aunque también hay zonas llanas con pocos cráteres. La Fosa de Caloris es el mayor cráter, mide aproximadamente 1.300 kilómetros de diámetro. Se cree que se formó cuando una roca del tamaño de un meteorito chocó con el planeta, y está rodeada por unos anillos concéntricos de montañas provocados por el impacto. La superficie también tiene gargantas (llamadas cañones) que tal vez se formaron cuando se enfrió y contrajo el núcleo caliente del joven planeta, hace más de 4.000 millones de años, deformando así su superficie. El planeta gira muy lentamente alrededor de su eje: le toma casi 59 días terrestres completar una rotación. Como resultado, un día solar (el intervalo entre una salida del Sol y la siguiente) en Mercurio dura aproximadamente 176 días terrestres, dos veces más que el año de Mercurio, de 88 días. Mercurio tiene temperaturas superficiales extremas, que van desde una máxima de 430 °C en el lado iluminado por el Sol, a -170 °C en el lado oscuro. En el crepúsculo, la temperatura desciende muy rápidamente porque en este planeta casi no existe atmósfera. Ella consiste solamente en una reducida cantidad de hidrógeno y helio capturados del viento solar, con algunas trazas de otros gases.

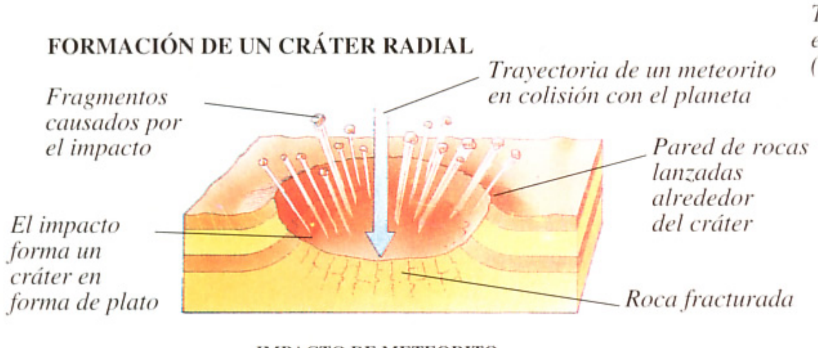
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE MERCURIO



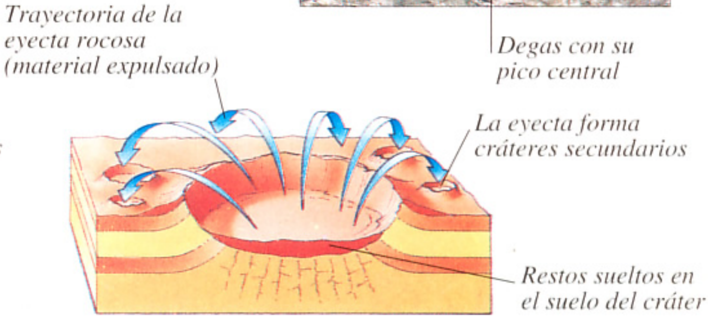
DEGAS Y BRONTE (CRÁTERES RADIALES)



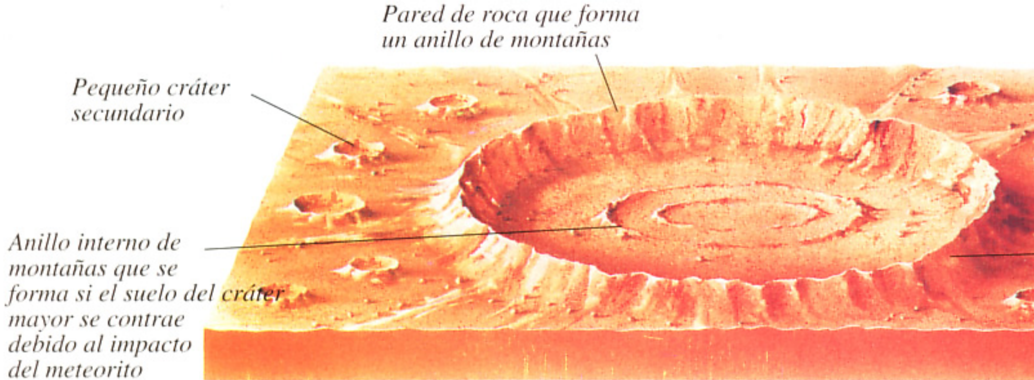
FORMACIÓN DE UN CRÁTER RADIAL



IMPACTO DE METEORITO



FORMACIÓN DE CRÁTERES SECUNDARIOS



CRÁTER RADIAL

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Componentes principales: helio e hidrógeno

Componentes secundarios: sodio y oxígeno

Trazas de neón, argón y potasio

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE MERCURIO

CRÁTERES Y LLANURAS CERCA DEL POLO NORTE DE MERCURIO

Planicie Boreal (llanura poco accidentada con algunos cráteres jóvenes)

Terreno con muchos cráteres antiguos

Corteza fina

Manto de unos 600 km de grosor

Monteverdi

Rubens

Viasa

Región no cartografiada

Praxiteles

Kuan Han-ch'ing

Polignoto

Vivaldi

PLANICIE BOREAL

Temperatura máxima de la superficie iluminada por el Sol de unos 430 °C

Van Eyck

Strindberg

Heine

Chong Ch'ol

CALORIS BASIN

PLANICIE SOBKOU

PLANICIE BUDH

Montes Caloris

Balzac

Fidias

Tyagaraja

Filoxenos

Zeami

Goya

Sófocles

Tolstoi

Valmiki

Milton

Liang K'ai

Beethoven

Bello

Shelley

Hawthorne

Miguel Ángel

Wagner

Bach

Cañones de Fram

Coleridge

Cañones del Descubrimiento

Bramante

Schubert

Chejov

Temperatura mínima de la superficie del lado oscuro de unos -170 °C

Renoir

Corteza de roca de silicato

Manto de roca de silicato

Núcleo de hierro de unos 3.600 km de diámetro que contiene el 80% de la masa de Mercurio

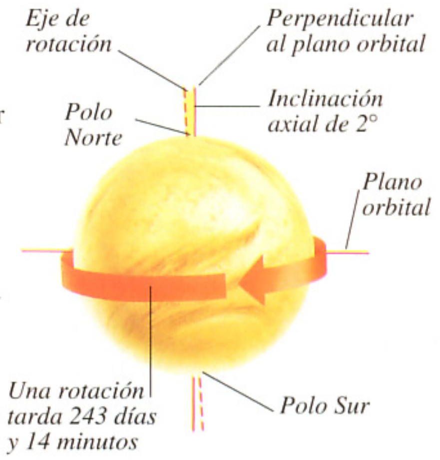


Venus

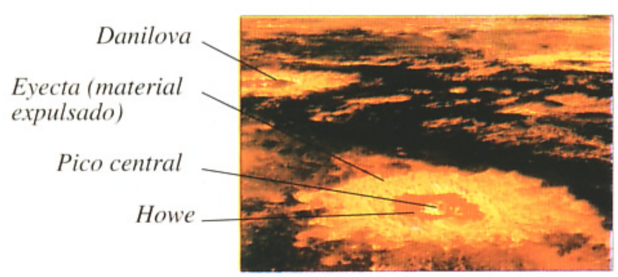
IMAGEN DE VENUS OBTENIDA POR RADAR

VENUS ES UN PLANETA ROCOSO y el segundo en distancia del Sol. Gira lentamente hacia atrás a medida que describe su órbita alrededor del Sol, lo cual hace que su período de rotación sea el más largo del Sistema Solar: unos 243 días terrestres. Venus es un poco más pequeño que la Tierra y probablemente tiene una estructura interna similar, compuesta por un núcleo metálico semisólido rodeado por una corteza y un manto rocoso. Venus es el objeto más brillante en el cielo, después del Sol y la Luna, debido a que su atmósfera refleja la luz solar muy fuertemente. El componente principal de su atmósfera es el anhídrido carbónico, que guarda el calor con un efecto invernadero mucho más fuerte que el de la Tierra. En consecuencia, Venus es el planeta más caliente, con una temperatura máxima en su superficie de unos 480 °C. Gruesas capas de nubes contienen gotitas de ácido sulfúrico y giran alrededor del planeta impulsadas por vientos de hasta 360 kilómetros por hora. Aunque el planeta tarda 243 días de la Tierra en completar cada rotación alrededor de su eje, los fuertes vientos hacen que las capas de nubes den la vuelta al planeta en tan sólo cuatro días terrestres. Las altas temperaturas, las nubes ácidas, y la enorme presión atmosférica (cerca de 90 veces la de la Tierra en la superficie) hacen que el ambiente sea extremadamente hostil. A pesar de ello, ha habido sondas espaciales que han alcanzado la superficie de Venus y fotografiado su superficie seca y polvorienta. La superficie de Venus también ha sido cartografiada por sondas equipadas con radar que pueden "ver" a través de las nubes. Estos mapas de radar muestran un terreno lleno de cráteres, montañas, volcanes, y áreas donde el interior de los cráteres ha sido cubierto por lava volcánica solidificada. Hay dos grandes mesetas llamadas Terra de Afrodita y Terra de Ishtar.

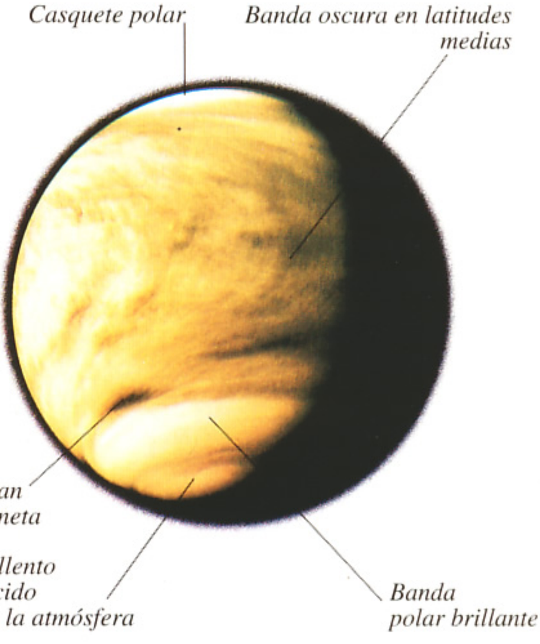
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE VENUS



CRÁTERES DE VENUS

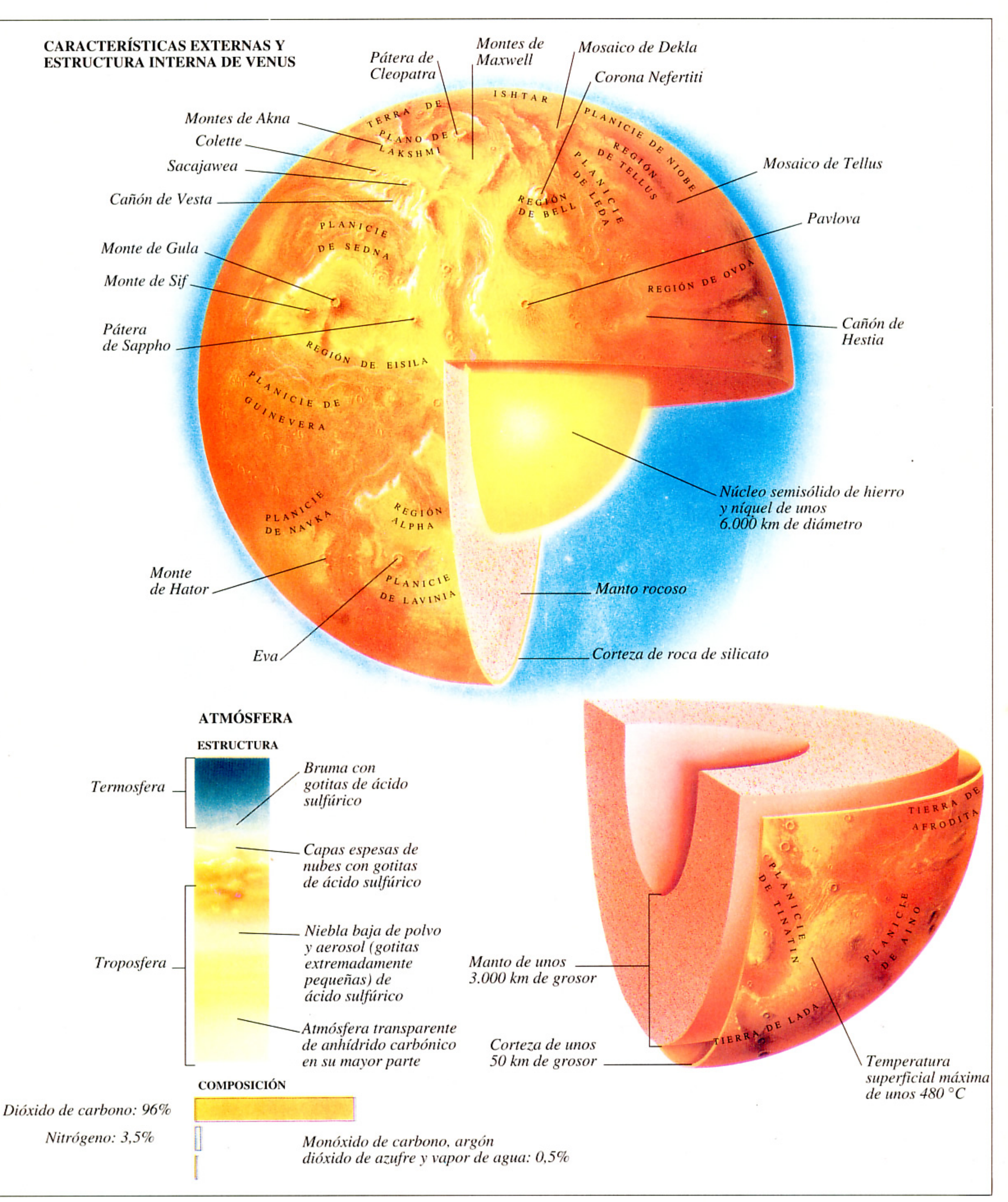


CARACTERÍSTICAS DE LAS NUBES



MAPA DE RADAR EN COLORES FALSOS DE LA SUPERFICIE DE VENUS

Región de Metis
Montes de Maxwell
Región de Bell
Región de Tethus
TERRA DE ISHTAR
TERRA DE AFRODITA
Planicie de Sedna
Región de Eisila
Planicie de Guinevera
Región de Febo
Región Alpha
Región de Temis
Planicie de Lavinia
Planicie de Helena
Planicie de Atalanta
Planicie de Leda
Región de Tellus
Planicie de Niobe
Región de Ovda
Región de Tetis
Planicie de Aino
Terra de Lada


CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE VENUS
Pátera de Cleopatra
Montes de Maxwell
Mosaico de Dekla
Corona Nefertiti
Montes de Akna
Colette
Sacajawea
Cañón de Vesta
TERRA DE ISHTAR
PLANO DE LAKSHMI
PLANICIE DE NIOBE
REGIÓN DE TELLUS
PLANICIE DE LEDA
REGIÓN DE BELL
Mosaico de Tellus
Pavlova
PLANICIE DE SEDNA
Monte de Gula
Monte de Sif
REGIÓN DE OVDA
Cañón de Hestia
Pátera de Sappho
REGIÓN DE EISILA
PLANICIE DE GUINEVERA
Núcleo semisólido de hierro y níquel de unos 6.000 km de diámetro
PLANICIE DE NAVKA
REGIÓN ALPHA
Monte de Hator
PLANICIE DE LAVINIA
Manto rocoso
Eva
Corteza de roca de silicato
ATMÓSFERA
ESTRUCTURA
Termosfera
Bruma con gotitas de ácido sulfúrico
Capas espesas de nubes con gotitas de ácido sulfúrico
Troposfera
Niebla baja de polvo y aerosol (gotitas extremadamente pequeñas) de ácido sulfúrico
Atmósfera transparente de anhídrido carbónico en su mayor parte
TIERRA DE AFRODITA
PLANICIE DE TINATIN
PLANICIE DE AINO
TIERRA DE LADA
Manto de unos 3.000 km de grosor
Corteza de unos 50 km de grosor
Temperatura superficial máxima de unos 480 °C
COMPOSICIÓN
Dióxido de carbono: 96%
Nitrógeno: 3,5%
Monóxido de carbono, argón dióxido de azufre y vapor de agua: 0,5%

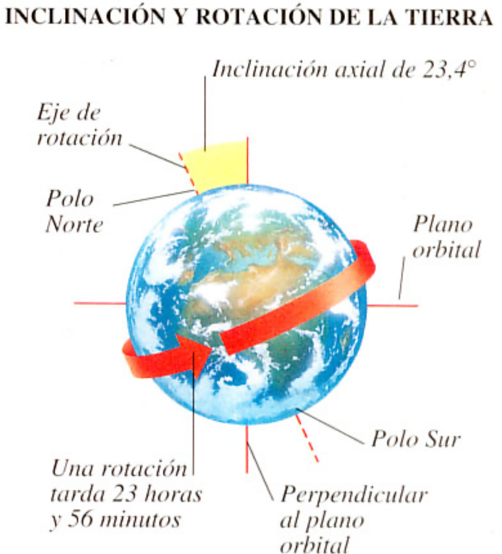
La Tierra



LA TIERRA

LA TIERRA ES EL TERCER planeta a partir del Sol. Es el planeta rocoso mayor y más denso y el único donde se sabe que hay vida. El interior rocoso y metálico de la Tierra es típico de los planetas rocosos, pero su corteza es poco común ya que está constituida por placas separadas que se mueven lentamente. Los terremotos y la actividad volcánica se producen en las zonas donde chocan las placas. La atmósfera de la Tierra actúa como un escudo protector: bloquea la radiación nociva del Sol, impide que los meteoritos lleguen a la superficie del planeta y conserva el calor lo suficiente como para que no se produzcan fríos extremos. Alrededor del 70 por ciento de la superficie de la Tierra está cubierto de agua, que no se encuentra de forma líquida en la superficie de ningún otro planeta. La Tierra tiene un satélite natural, la Luna, suficientemente grande como para que los dos cuerpos se consideren como un sistema planetario doble.

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE LA TIERRA



LA TIERRA VISTA DESDE UN SATÉLITE (NO SE MUESTRA LA ATMÓSFERA)

Casquete de hielo en el Polo Norte
Tundra
América del Norte
Selva tropical
Río Amazonas
América del Sur
Los Andes
Océano Atlántico
Europa
Sahara
Selva tropical
África
Sabana y estepa
Antártida

Himalayas
Asia
Océano Pacífico
Selva tropical
Océano Índico
Australia
Sabana y estepa
Desierto
Antártida

TOPOGRAFÍA DE LA CORTEZA TERRESTRE

Placa euroasiática
Placa de la Anatolia
Fosa del Atlántico central
Placa helénica
Placa africana
Placa suramericana
Placa de Arabia
Fosa del Océano Índico central
Placa indo-australiana
Elevación del Pacífico-Antártico
Placa norteamericana
Placa de las Filipinas
Placa del Pacífico
Placa del Caribe
Placa de Cocos
Plaza de Nazca
Placa antártica

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Groenlandia

Atmósfera de unos 500 km de profundidad

Corteza de entre 6 y 40 km de espesor

Manto de unos 2.800 km de espesor

Exterior del núcleo de unos 2.300 km de espesor

OCÉANO ATLÁNTICO NORTE

Tormenta ciclónica

ATMÓSFERA

ESTRUCTURA

Termosfera

Mesosfera

Estratosfera

Troposfera

Lluvia de meteoritos

Capa de ozono

Nubes de vapor de agua y cristales de hielo

COMPOSICIÓN

Nitrógeno: 78%

Oxígeno: 21%

Vapor de agua, argón, anhídrido carbónico y trazas de gases: 1%

Temperatura del núcleo: unos 4.000 °C

Núcleo externo de hierro y níquel fundido

Núcleo sólido interno de hierro y níquel de unos 2.400 km de diámetro

Discontinuidad de Gutenberg (separación entre el núcleo y el manto)

Manto constituido en su mayor parte por silicatos sólidos

Discontinuidad de Mohorovicic (separación entre el manto y la corteza)

Corteza de rocas de silicato

Cuenca del amazonas (región de selva tropical)

Andes (cordillera montañosa cerca del límite de la placa tectónica)

Región de terremotos a lo largo del límite de la placa cortical

Temperatura superficial entre -88 °C y 58 °C

Montañas del Atlas

Sahara (región desértica)

Cuenca del Congo (región de selva tropical)

La tierra firme cubre cerca del 30% de la superficie

Las nubes cubren casi el 50% de la superficie

Los océanos cubren casi el 70% de la superficie

EUROPA

ÁFRICA

OCÉANO PACÍFICO SUR

SURAMÉRICA

OCÉANO ATLÁNTICO SUR

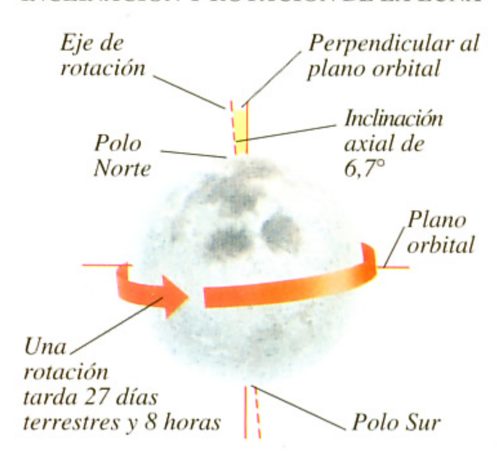
La Luna



LA LUNA VISTA DESDE LA TIERRA

LA LUNA ES EL UNICO satélite natural de la Tierra. Para ser un satélite es relativamente grande, con un diámetro de cerca de 3.470 kilómetros, un cuarto del de la Tierra. La Luna tarda lo mismo en girar sobre su eje que en dar la vuelta alrededor de la Tierra (27,3 días); por eso, siempre vemos el mismo lado de ella (la cara visible). Sin embargo, la cantidad de superficie que vemos, la fase de la Luna, depende de qué fracción de la cara visible recibe luz del Sol. La Luna es seca y árida, sin atmósfera ni agua. Está constituida principalmente por roca sólida, aunque su centro podría contener roca o hierro fundido. La superficie es polvorienta, con mesetas cubiertas por cráteres causados por el impacto de meteoritos, y depresiones en las que cráteres enormes han sido rellenados por lava solidificada formando áreas oscuras que se conocen como mares. La mayoría de los mares están en la cara visible, que tiene una corteza más delgada que la cara oculta. Muchos de los cráteres están rodeados por cordilleras que forman las paredes del cráter y que pueden alcanzar alturas de miles de metros.

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE LA LUNA

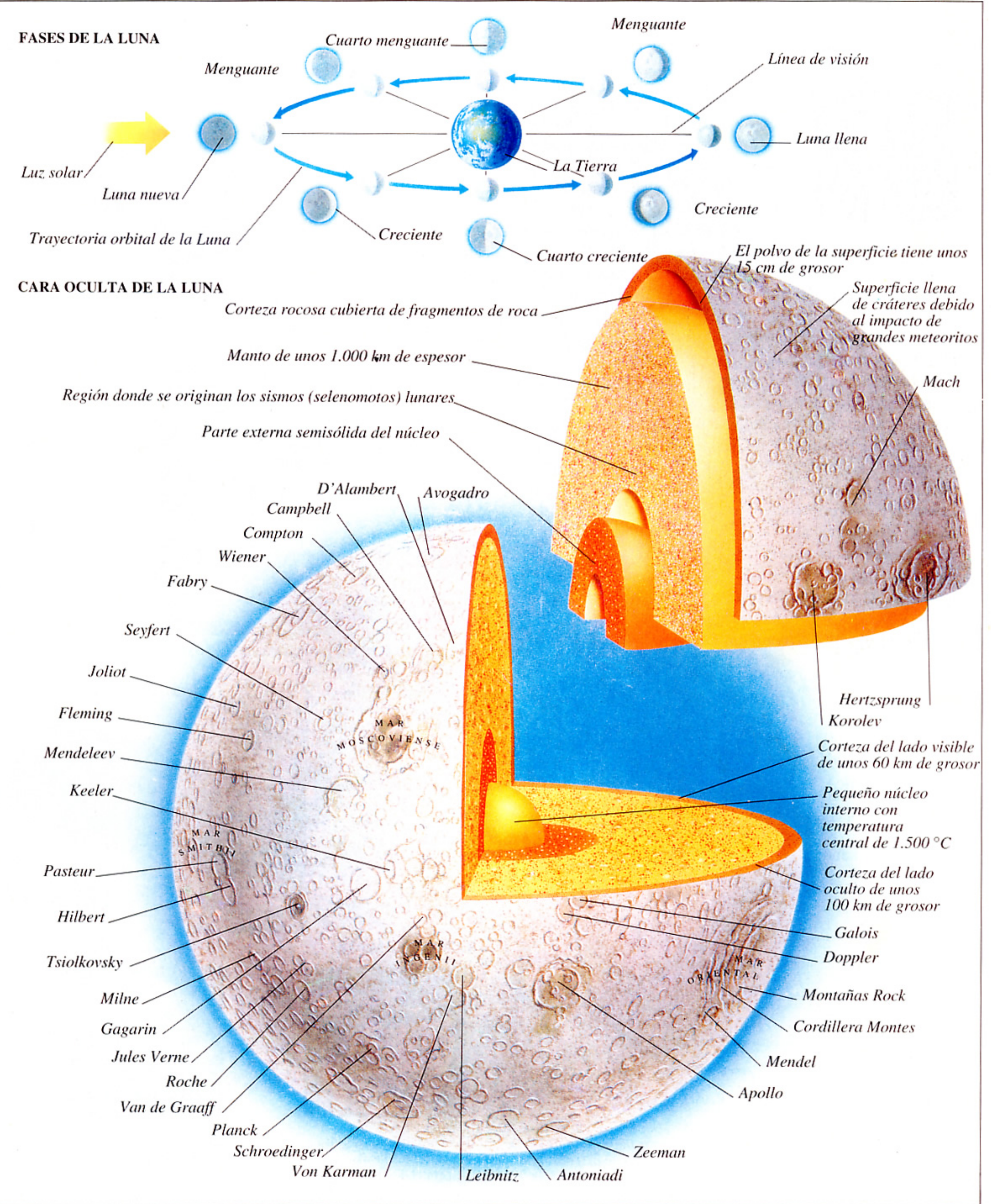


CRÁTERES DEL OCÉANO DE LAS TEMPESTADES

Aristarco
Cabeza de Cobra (cabecera del Valle de Schöter)
Herodoto

CARA VISIBLE DE LA LUNA

Aristóteles
De la Rue
Aristilo
Hércules
Atlas
Platón
MAR FRIGORIS
Montes Apeninos
Arquímedes
Montes Jura
Cleómedes
Cuenca de Irido
Macrobio
Julio César
Radios brillantes de material expulsado
MAR IMBRIUM
MAR SERENITATIS
MAR CRISIU
Copérnico
Aristarco
MAR VAPORUM
MAR TRANQUILLITATIS
MAR FECUNDITATIS
OCEANO PROCELLARUM
Langreno
Kepler
Vendelino
MAR NECTARIS
Encke
Cirilo
Flamsteed
Petavio
Fra Mauro
Fracastoro
MAR NUBIUM
Furnerio
Grimaldi
Caterina
Letrón
Cañón de Altai
Gassendi
MAR HUMORUM
Albategnio
Mersenio
Ptolomeo
Arzachel
Walter
Pitato
Stöfler
Deslandres
Schickard
Alfonso
Bailly
Tyco
Clavio
Magino



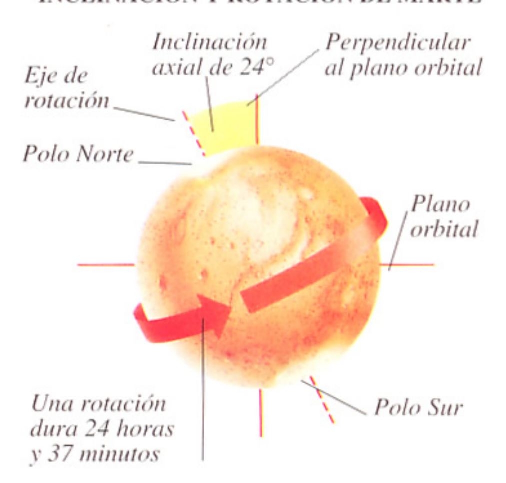
FASES DE LA LUNA
Cuarto menguante
Menguante
Menguante
Línea de visión
Luna llena
La Tierra
Luz solar
Luna nueva
Trayectoria orbital de la Luna
Creciente
Creciente
Cuarto creciente
CARA OCULTA DE LA LUNA
El polvo de la superficie tiene unos 15 cm de grosor
Corteza rocosa cubierta de fragmentos de roca
Superficie llena de cráteres debido al impacto de grandes meteoritos
Manto de unos 1.000 km de espesor
Mach
Región donde se originan los sismos (selenomotos) lunares
Parte externa semisólida del núcleo
D'Alambert
Avogadro
Campbell
Compton
Wiener
Fabry
Seyfert
Joliot
Fleming
Mendeleev
Keeler
MAR MOSCOVIENSE
Hertzsprung
Korolev
Corteza del lado visible de unos 60 km de grosor
Pequeño núcleo interno con temperatura central de 1.500 °C
MAR SMITHII
Pasteur
Hilbert
Corteza del lado oculto de unos 100 km de grosor
Tsiolkovsky
Galois
Doppler
MAR INGENII
MAR ORIENTAL
Milne
Montañas Rock
Gagarin
Cordillera Montes
Jules Verne
Mendel
Roche
Apollo
Van de Graaff
Planck
Schroedinger
Zeeman
Von Karman
Leibnitz
Antoniadi

Marte

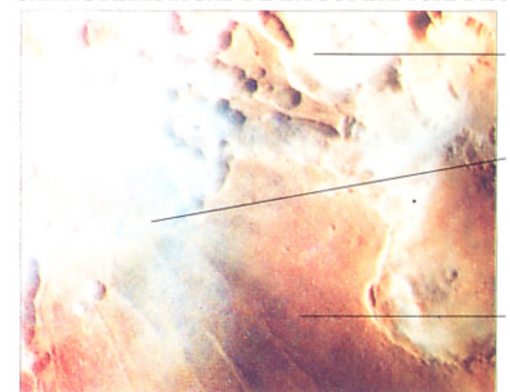

MARTE

MARTE, CONOCIDO COMO EL PLANETA ROJO, es el cuarto planeta a partir del Sol y el planeta rocoso más externo. En el siglo XIX, los astrónomos observaron lo que creyeron que eran signos de vida en Marte. Estos signos incluían marcas que tenían la apariencia de canales, y manchas oscuras que parecían ser vegetación. Ahora se sabe que los "canales" eran ilusiones ópticas, y que las manchas oscuras son áreas donde el polvo rojo que cubre la mayor parte del planeta ha desaparecido por el viento. Con frecuencia, las finas partículas de polvo de la superficie son agitadas por el viento y se forman tormentas de polvo que a veces oscurecen toda la superficie. El polvo residual en la atmósfera de Marte le da su tono rojizo. En el hemisferio norte de Marte existen muchas planicies extensas formadas por lava volcánica solidificada, mientras que el hemisferio sur tiene muchos cráteres y grandes fosas de impacto. Existen también varios volcanes muy grandes y extintos, entre ellos el Monte Olimpo, que mide 600 kilómetros en su base y 25 kilómetros de altura, el volcán más grande que se conoce en el Sistema Solar. La superficie también tiene muchos cañones y canales con ramificaciones. Los cañones se formaron por movimientos en la corteza del planeta, pero los canales se cree que fueron formados por agua corriente que ahora se secó. La atmósfera marciana es mucho más densa que la terrestre, con sólo algunas nubes y nieblas matinales. Marte tiene dos pequeñas lunas con forma irregular, Fobos y Deimos. Sus reducidas dimensiones indican que puede tratarse de asteroides capturados por la gravedad de Marte.

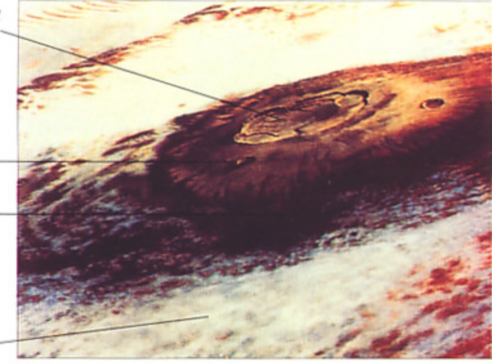
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE MARTE



CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DE MARTE

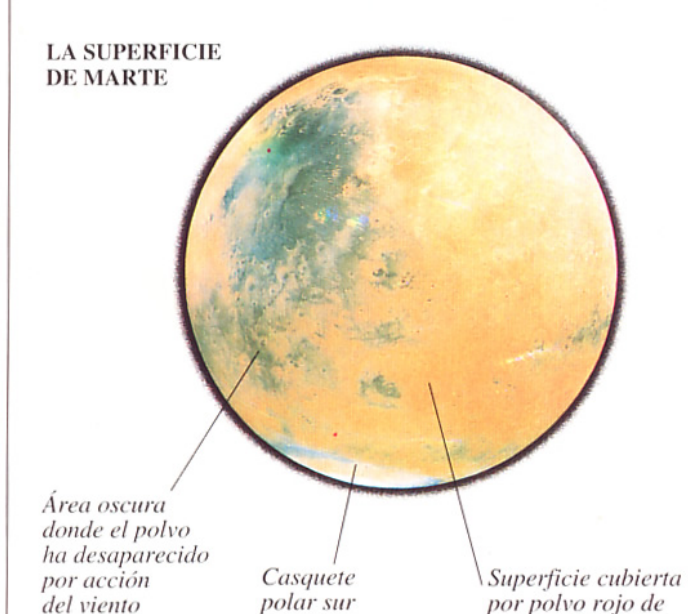


LABERINTO DE LA NOCHE (SISTEMA DE CAÑONES)

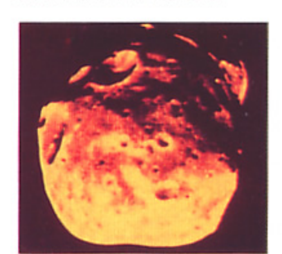


MONTE OLIMPO (VOLCÁN EXTINTO DE ESCUDO)

LA SUPERFICIE DE MARTE



LUNAS DE MARTE


FOBOS
Diámetro medio: 22 km
Distancia media al planeta: 9.400 km


DEIMOS
Diámetro medio: 13 km
Distancia media al planeta: 23.500 km

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE MARTE

Casquete polar norte de hielo y dióxido de carbono congelado

Fosa de Tempe

Fosa de Mareotis

Tholus de Urano

Fosa de Tántalo

Fosa de Alba

Pátera de Alba

Milankovic

DESIERTO BOREAL

PLANICIE DE ACIDALIA

PLANICIE DE ARCADIA

LLANO DE LA LUNA

LLANURA DORADA

CUENCA DE LAS PERLAS

PLANICIE DE ARGIRA

Nubes de condensación de vapor de agua de tipo cirro

Tormenta de polvo

Ramificación de canales, posiblemente formados por corrientes de agua

Valle de Mariner (sistema de cañones más de 4.000 km de largo y una profundidad media de 6 km)

Abismo de Coprates

Tholus de Ceraunio

Tholus de Tarsis

Temperatura media en la superficie de unos -40 °C

Corteza sólida y rocosa que contiene agua helada, permafrost (subsuelo congelado permanentemente)

Holden

Ritchey

Núcleo sólido y rocoso de unos 2.500 km de diámetro

Darwin

Formación de nubes

Manto de roca silícea

Lampland

Fosa de Thaumasia

Slifer

Lowell

Monte del Pavo

Monte Olimpo

Monte de Ascreo

Casquete polar sur de dióxido de carbono congelado y hielo

PLANICIE DE LAS AMAZONAS

LLANO DE SIRIA

Manto de unos 2.000 km de grosor

Corteza de 40-50 km de grosor

Atmósfera poco densa, de anhídrido carbónico en su mayor parte

Laberinto de la Noche

Sistema ciclónico de tormentas

Monte de Arsia

ATMÓSFERA

ESTRUCTURA

Termosfera

Estratosfera

Nubes finas de dióxido de carbono congelado

Nubes aisladas y niebla de vapor de agua helado

Troposfera

Polvo rojo, rico en hierro

COMPOSICIÓN

Anhídrido carbónico: 95%

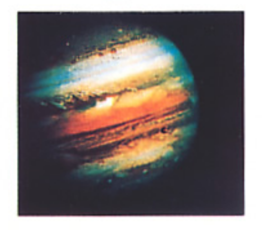
Nitrógeno: 2,7%

Argón: 1,6%

Oxígeno, monóxido de carbono y vapor de agua: 0,7%

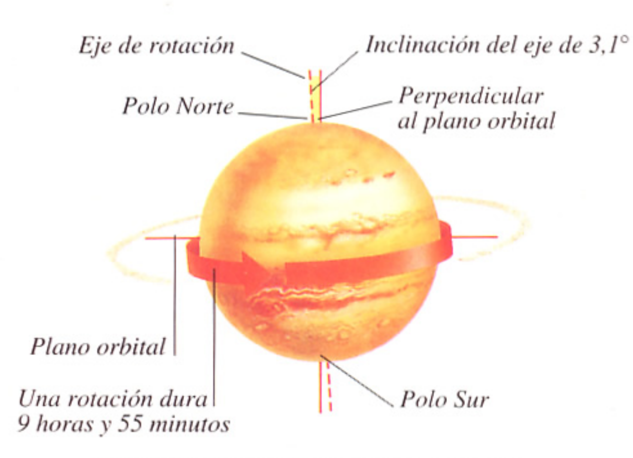


Júpiter

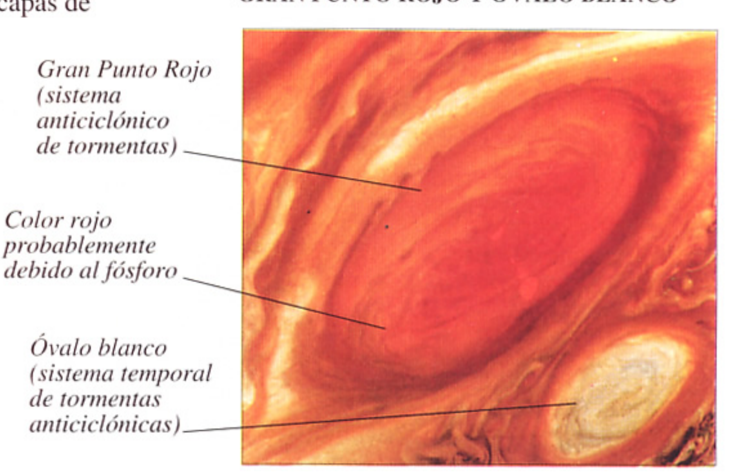

JÚPITER

JÚPITER ES EL QUINTO PLANETA a partir del Sol y el primero de los cuatro gigantes de gas. Es el planeta más grande y con mayor masa, con un diámetro de cerca de once veces el de la Tierra, y una masa de unas 2,5 veces la masa de los otros ocho planetas. Se piensa que Júpiter tiene un pequeño núcleo rocoso rodeado por un manto interno de hidrógeno metálico (hidrógeno líquido que se comporta como un metal). Rodeando este manto interno hay un manto de hidrógeno y helio líquidos que se extiende hasta la atmósfera gaseosa y se mezcla con ella. La rápida velocidad de rotación de Júpiter hace que las nubes en su atmósfera formen cinturones y zonas que rodean al planeta en forma paralela a su ecuador. Los cinturones son capas de nubes relativamente calientes, oscuras y baja altura. Las zonas son capas de nubes brillantes, altas y frías. Entre los cinturones y las zonas, la turbulencia da lugar a la formación de estructuras nebulares, como óvalos blancos y manchas rojas que son enormes sistemas de tormentas. La estructura nebular más notable es una tormenta llamada Gran Punto Rojo, que consiste en una columna de nubes en forma de espiral tres veces mayor que la Tierra, que se eleva cerca de ocho kilómetros por sobre la capa de nubes. Júpiter tiene además un fino anillo principal, en el interior del cual existe un tenue halo de finas partículas que se extienden en dirección al planeta. Se conocen 16 lunas de Júpiter. Las cuatro más grandes (llamadas galileanas) son Ganimedes, Calisto, Io y Europa. Ganimedes y Calisto tienen una superficie llena de cráteres y hielo. Europa es lisa, helada y podría contener agua. Io está cubierta de manchas rojo claro, naranjas y amarillas. Estos colores se deben al material sulfuroso que se desprende de sus volcanes activos que lanzan lava a cientos de kilómetros sobre la superficie.

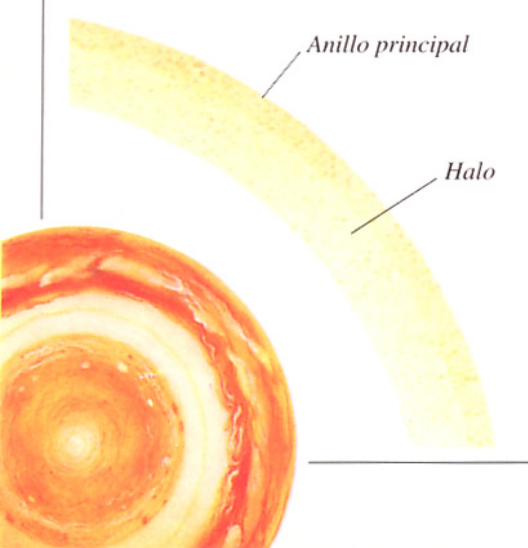
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE JÚPITER



GRAN PUNTO ROJO Y ÓVALO BLANCO

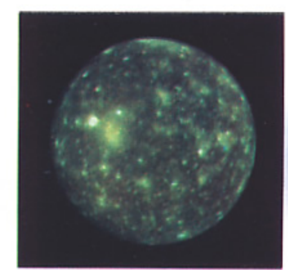


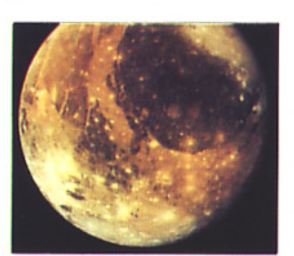
ANILLOS DE JÚPITER

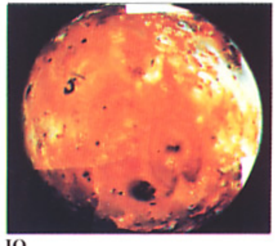


LUNAS GALILEANAS DE JÚPITER


EUROPA
Diámetro: 3.138 km
Distancia media al planeta: 670.900 km


CALISTO
Diámetro: 4.800 km
Distancia media al planeta: 1.880.000 km


GANIMEDES
Diámetro: 5.262 km
Distancia media al planeta: 1.070.000 km


IO
Diámetro: 3.642 km
Distancia media al planeta: 421.800 km

ATMÓSFERA

ESTRUCTURA

Estratosfera

Troposfera

Nubes blancas de cristales de amoniaco

Nubes naranjas oscuro de cristales de hidrosulfuro de amoniaco

Nubes azuladas de hielo y gotitas de agua

COMPOSICIÓN

Hidrógeno: 90%

Helio: 10%

Trazas de amoniaco, metano y vapor de agua

CARÁCTERISTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE JÚPITER

Atmósfera, principalmente de hidrógeno y helio

Zona (región de altas presiones con gas ascendente)

Punto rojo

Manto externo que se une a la atmósfera

Manto interno de unos 30.000 km de grosor

Pluma (nube extendida)

Nube blanca a gran altura

Aurora polar norte

Zona templada norte

Cinturón templado norte

Zona tropical norte

Cinturón ecuatorial norte

Zona ecuatorial

Cinturón ecuatorial sur

Zona sur tropical

Cinturón templado sur

Zona templada sur

Relámpago

Gran Punto Rojo (sistema anticiclónico de tormentas)

Manto externo de helio e hidrógeno líquidos

Manto interno de hidrógeno metálico

Núcleo rocoso de unos 28.000 km de diámetro

Temperatura del núcleo de uno 30.000 °C

Cinturón (región de baja presión con gases descendentes)

Óvalo blanco (sistema temporal de tormentas anticiclónicas)

Temperatura en parte superior de las nubes de –120 °C

Saturno

IMAGEN EN COLOR FALSO DE SATURNO

SATURNO ES EL SEXTO PLANETA a partir del Sol. Es un gigante de gas casi tan grande como Júpiter, con un diámetro ecuatorial de cerca de 120.500 kilómetros. Se piensa que Saturno está constituido por un pequeño núcleo de roca y hielo rodeado por un manto interno de hidrógeno metálico (hidrógeno líquido que se comporta como un metal). Alrededor de ese manto interno hay un manto de hidrógeno líquido que emerge en su atmósfera gaseosa. Las nubes de Saturno forman cinturones y zonas similares a las de Júpiter, pero oscurecidas por niebla. Entre las nubes aparecen sistemas tormentosos y ciclones, que se perciben como óvalos rojos o blancos. Saturno tiene un sistema de anillos extraordinariamente finos pero muy anchos, que tienen menos de un kilómetro de grosor y que se extienden unos 420.000 kilómetros más allá de la superficie del planeta. Los anillos principales están compuestos por miles de anillos menores y cada uno de ellos está constituido por fragmentos de hielo cuyo tamaño va desde partículas pequeñas a pedazos de varios metros de diámetro. Los anillos D, E y G son muy tenues, el anillo F es el más brillante, y los anillos A, B y C son lo suficientemente brillantes como para poder ser vistos desde la Tierra con binoculares. Saturno tiene 18 lunas conocidas, algunas de las cuales orbitan en el interior de los anillos y se cree que ejercen una influencia gravitatoria en las formas de los anillos. Curiosamente, siete de las lunas son coorbitales: comparten su órbita con otra luna. Los astrónomos piensan que estas lunas coorbitales se pueden haber formado a partir de un único satélite que se partió.

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE SATURNO

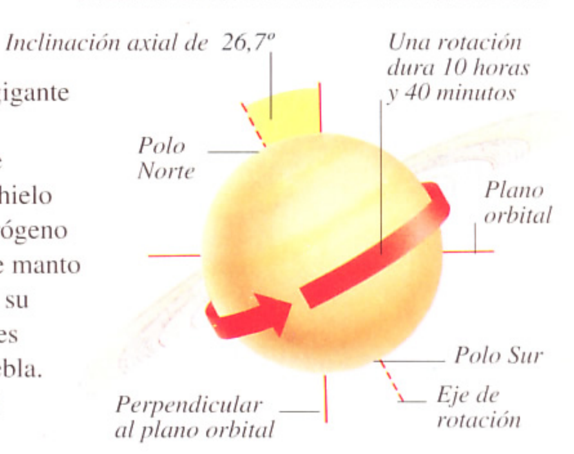
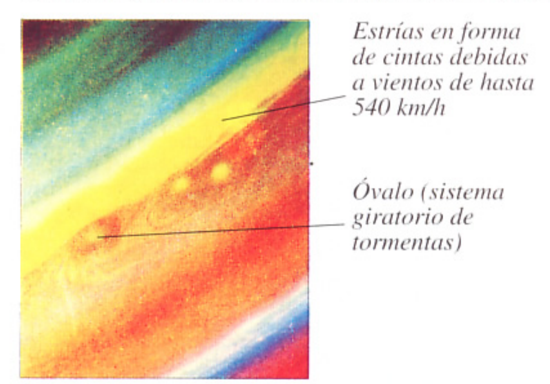
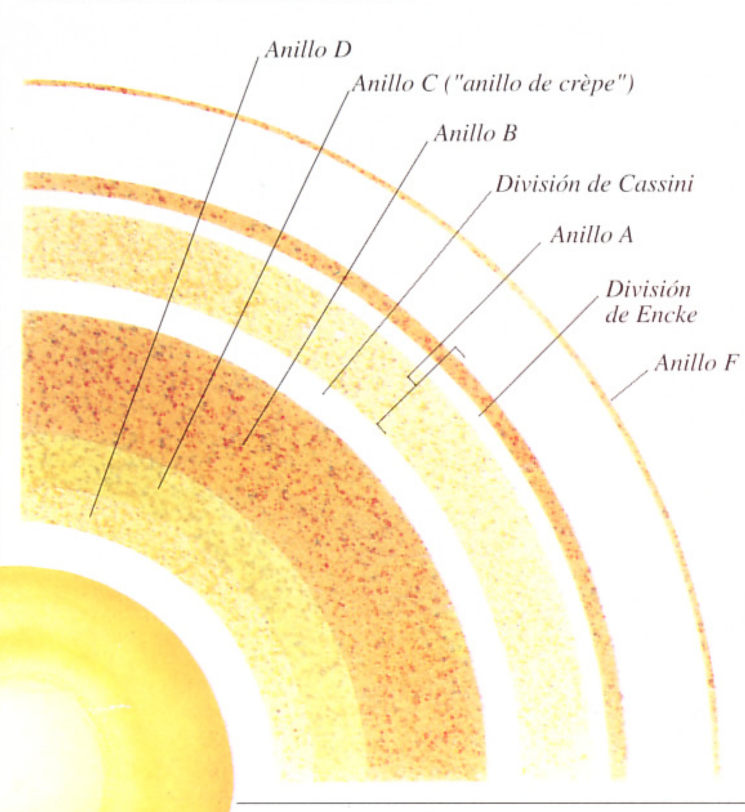


IMAGEN EN COLORES FALSOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS NUBES DE SATURNO



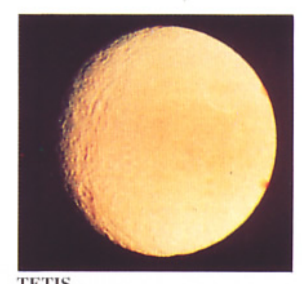
ANILLOS INTERNOS DE SATURNO



LUNAS DE SATURNO



ENCELADO
Diámetro: 498 km
Distancia media al planeta: 238.000 km



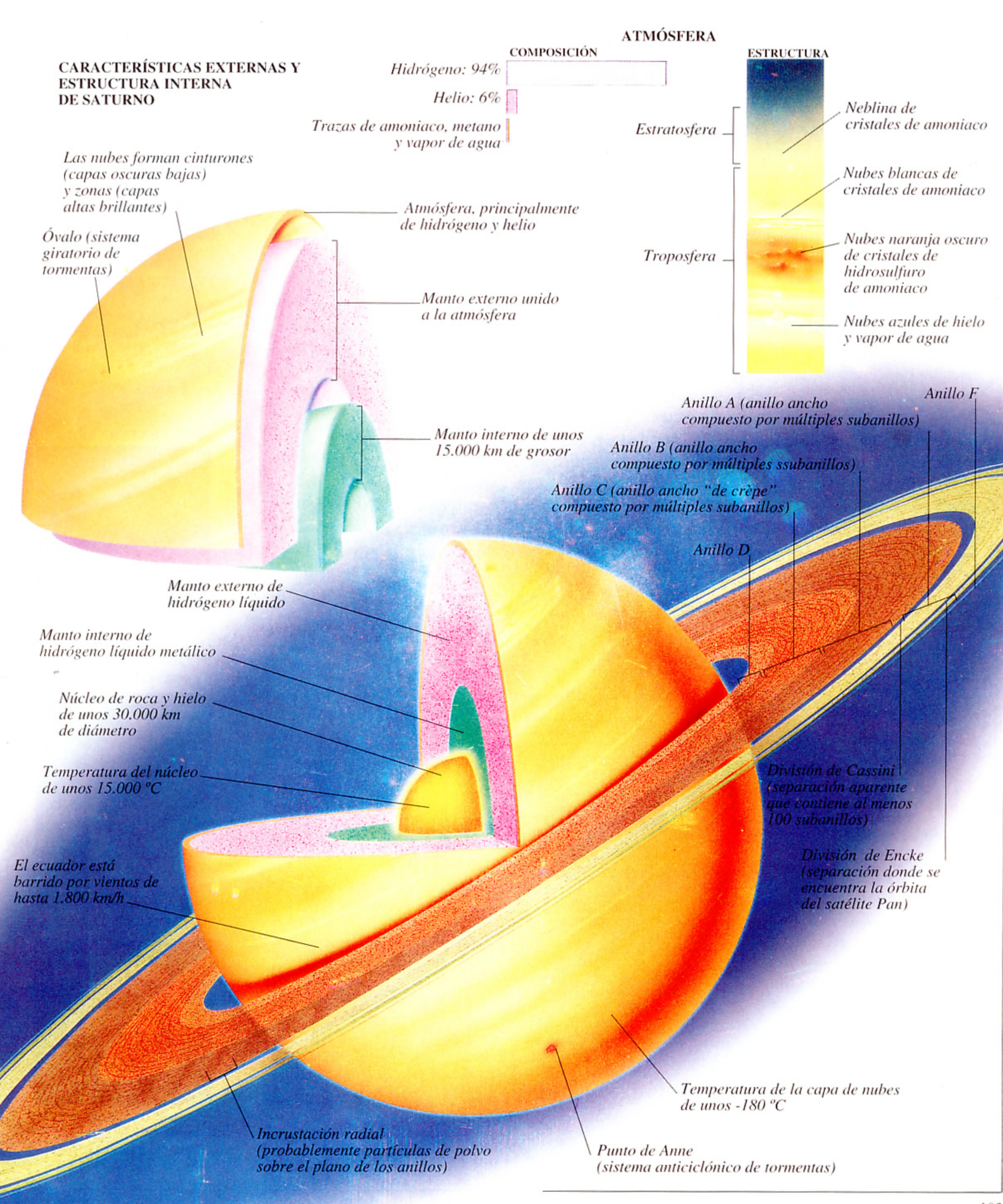
TETIS
Diámetro: 1.050 km
Distancia media al planeta: 295.000 km



DIONE
Diámetro: 1.118 km
Distancia media al planeta: 377.000 km



MIMAS
Diámetro: 397 km
Distancia media al planeta: 186.000 km



CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE SATURNO
ATMÓSFERA
COMPOSICIÓN
Hidrógeno: 94%
Helio: 6%
Trazas de amoniaco, metano y vapor de agua
ESTRUCTURA
Estratosfera
Troposfera
Neblina de cristales de amoniaco
Nubes blancas de cristales de amoniaco
Nubes naranja oscuro de cristales de hidrosulfuro de amoniaco
Nubes azules de hielo y vapor de agua
Las nubes forman cinturones (capas oscuras bajas) y zonas (capas altas brillantes)
Óvalo (sistema giratorio de tormentas)
Atmósfera, principalmente de hidrógeno y helio
Manto externo unido a la atmósfera
Manto interno de unos 15.000 km de grosor
Anillo A (anillo ancho compuesto por múltiples subanillos)
Anillo F
Anillo B (anillo ancho compuesto por múltiples ssubanillos)
Anillo C (anillo ancho "de crèpe" compuesto por múltiples subanillos)
Anillo D
Manto externo de hidrógeno líquido
Manto interno de hidrógeno líquido metálico
Núcleo de roca y hielo de unos 30.000 km de diámetro
Temperatura del núcleo de unos 15.000 °C
División de Cassini (separación aparente que contiene al menos 100 subanillos)
División de Encke (separación donde se encuentra la órbita del satélite Pan)
El ecuador está barrido por vientos de hasta 1.800 km/h
Temperatura de la capa de nubes de unos -180 °C
Incrustación radial (probablemente partículas de polvo sobre el plano de los anillos)
Punto de Anne (sistema anticiclónico de tormentas)

Urano

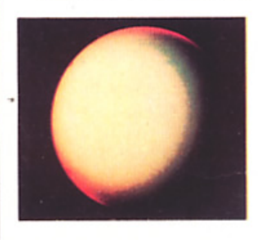


IMAGEN EN COLOR FALSO DE URANO

URANO ES EL SÉPTIMO PLANETA a partir del Sol y el tercero en tamaño, con un diámetro de unos 51.000 kilómetros. Se cree que está constituido por una densa mezcla de diversos tipos de hielo y gas que envuelve a un núcleo sólido. Su atmósfera contiene trazas de metano, que le dan al planeta su tono azul verdoso. Su temperatura en las nubes más altas es de unos -210 °C. De los planetas que se han observado desde cerca, Urano es el que tiene menos marcas: hasta ahora sólo se han visto unas pocas nubes de metano congeladas. Es el único planeta que tiene su eje de rotación en el plano orbital. Como consecuencia de su eje de rotación fuertemente inclinado, Urano gira de lado en su trayectoria orbital alrededor del Sol, mientras que los demás planetas giran más o menos verticales. Urano está rodeado de 11 anillos compuestos de roca y polvo. Los anillos contienen la materia más oscura del Sistema Solar, y son extremadamente estrechos, por lo que es muy difícil detectarlos: nueve de ellos tienen menos de 10 kilómetros de ancho, mientras que los de Saturno tienen miles de kilómetros. Se conocen 15 lunas de Urano, todas congeladas, y la mayoría de ellas fuera de los anillos. Las 10 lunas más internas son pequeñas y oscuras, con diámetros de menos de 160 kilómetros, y las cinco lunas más externas tienen diámetros de entre 470 y 1.600 kilómetros. Las lunas más externas tienen una gran variedad de marcas en su superficie. Miranda tiene la superficie más variada, con zonas llenas de cráteres en las cuales se encuentran enormes valles y acantilados de hasta 20 kilómetros de alto.

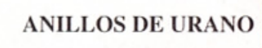
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE URANO

Inclinación axial de 97,9°
Perpendicular al plano orbital
Plano orbital
Polo Sur
Eje de rotación
Polo Norte
Una rotación dura 17 horas y 14 minutos

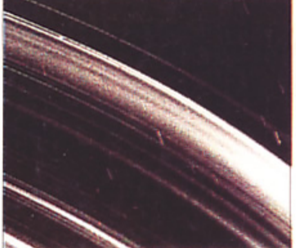
LUNAS EXTERNAS



MIRANDA
Diámetro: 472 km
Distancia media al planeta: 129.800 km

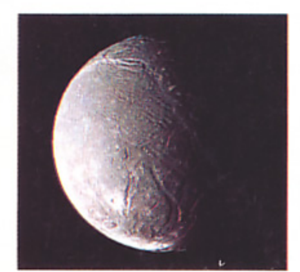


ANILLOS DE URANO



ANILLOS Y FAJAS DE POLVO





ARIEL
Diámetro: 1.158 km
Distancia media al planeta: 191.200 km



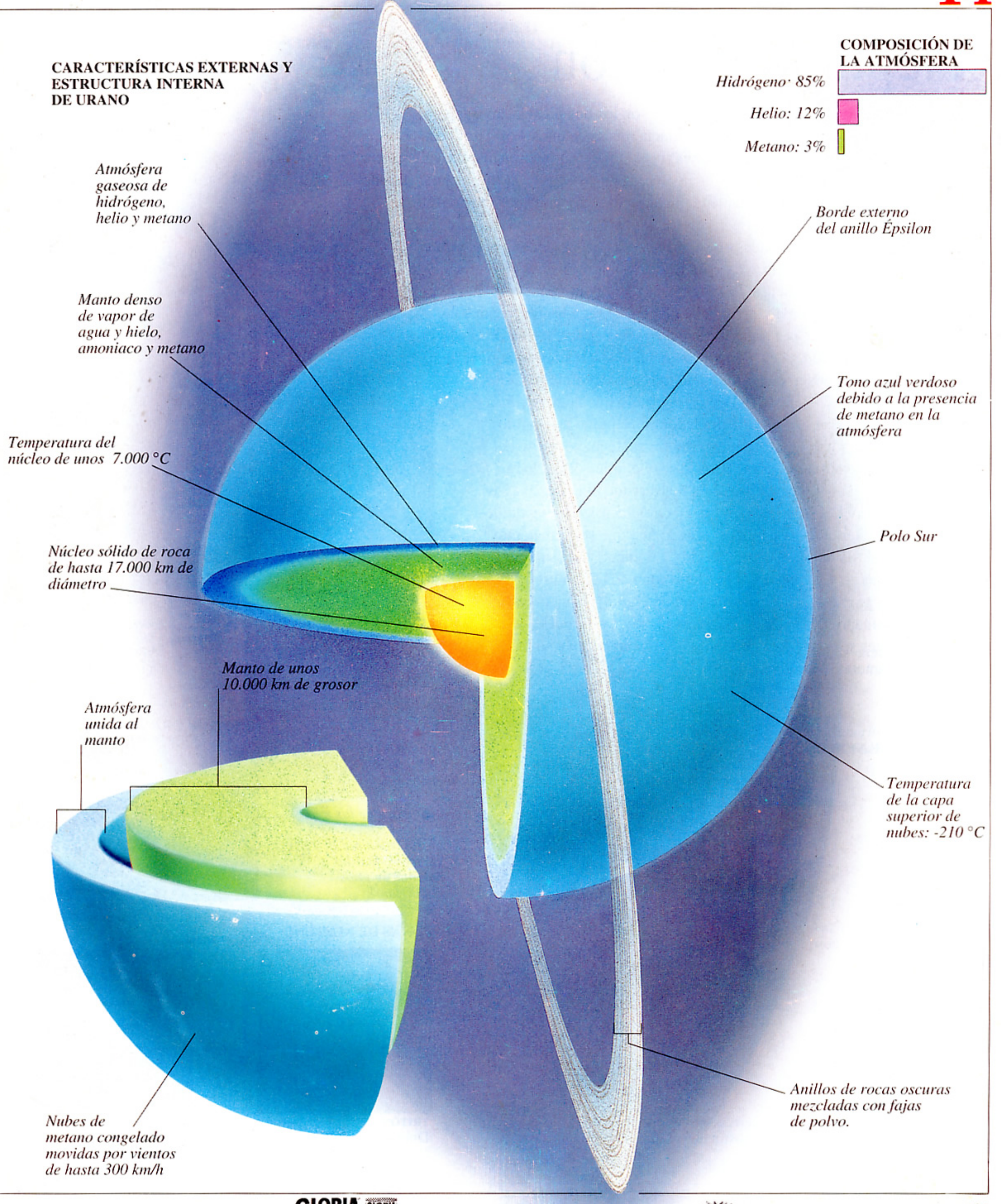
TITANIA
Diámetro: 1.578 km
Distancia media al planeta: 435.900 km



UMBRIEL
Diámetro: 1.169 km
Distancia media al planeta: 266.000 km



OBERON
Diámetro: 1.523 km
Distancia media al planeta: 582.600 km


CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE URANO
COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA
Hidrógeno· 85%
Helio: 12%
Metano: 3%
Atmósfera gaseosa de hidrógeno, helio y metano
Borde externo del anillo Épsilon
Manto denso de vapor de agua y hielo, amoniaco y metano
Tono azul verdoso debido a la presencia de metano en la atmósfera
Temperatura del núcleo de unos 7.000 °C
Polo Sur
Núcleo sólido de roca de hasta 17.000 km de diámetro
Manto de unos 10.000 km de grosor
Atmósfera unida al manto
Temperatura de la capa superior de nubes: -210 °C
Anillos de rocas oscuras mezcladas con fajas de polvo.
Nubes de metano congelado movidas por vientos de hasta 300 km/h

Neptuno y Plutón

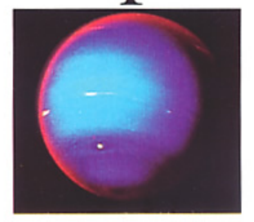
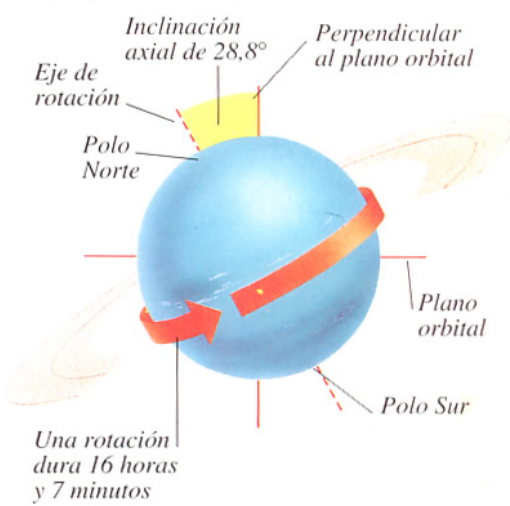


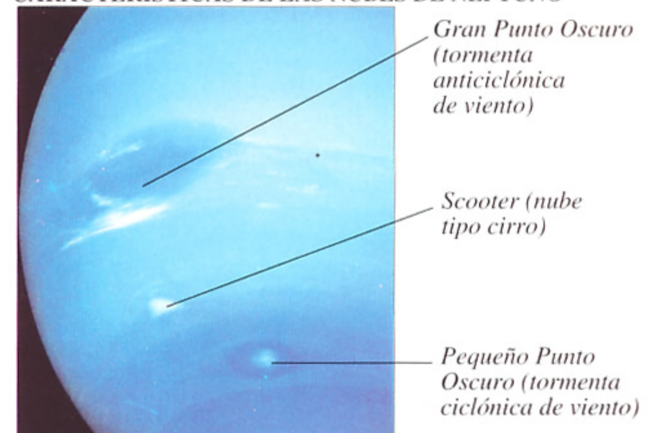
IMAGEN EN COLOR FALSO DE NEPTUNO

NEPTUNO Y PLUTÓN son los dos planetas más lejanos del Sol, a una distancia media de unos 4.500 millones de kilómetros y 5.900 millones de kilómetros respectivamente. Neptuno es un gigante de gas, y se piensa que está constituido por un pequeño núcleo rocoso rodeado por una mezcla de líquidos y gases. La atmósfera tiene varias características marcadas en sus nubes. Las más grandes son el Gran Punto Oscuro, casi tan grande como la Tierra, el Pequeño Punto Oscuro y el Scooter. El gran y el Pequeño Punto Oscuro son enormes tormentas que dan la vuelta al planeta empujadas por vientos de unos 2.000 kilómetros por hora. El Scooter es una zona enorme de cirros. Neptuno tiene cuatro tenues anillos y ocho lunas conocidas. Tritón, es la luna más grande de Neptuno y el objeto más frío del Sistema Solar, con una temperatura de –235 °C. Tritón, al contrario que la mayoría las lunas del Sistema Solar, gira alrededor de Neptuno en sentido opuesto al de la rotación del planeta. Plutón es, la mayor parte del tiempo, el planeta más exterior, pero su muy elíptica órbita hace que el planeta pase dentro de la órbita de Neptuno durante 20 años cada 248 años, el tiempo que demora en completar su órbita alrededor del Sol. Plutón es tan pequeño y tan lejano que se conoce muy poco sobre él. Es un planeta rocoso, probablemente cubierto por hielo y metano congelado. La única luna conocida de Plutón, Charón, es muy grande para ser considerada una luna, ya que tiene la mitad del tamaño de su planeta. Debido a la poca diferencia de tamaño, a veces se considera a Plutón y Charón como un sistema doble de planetas.

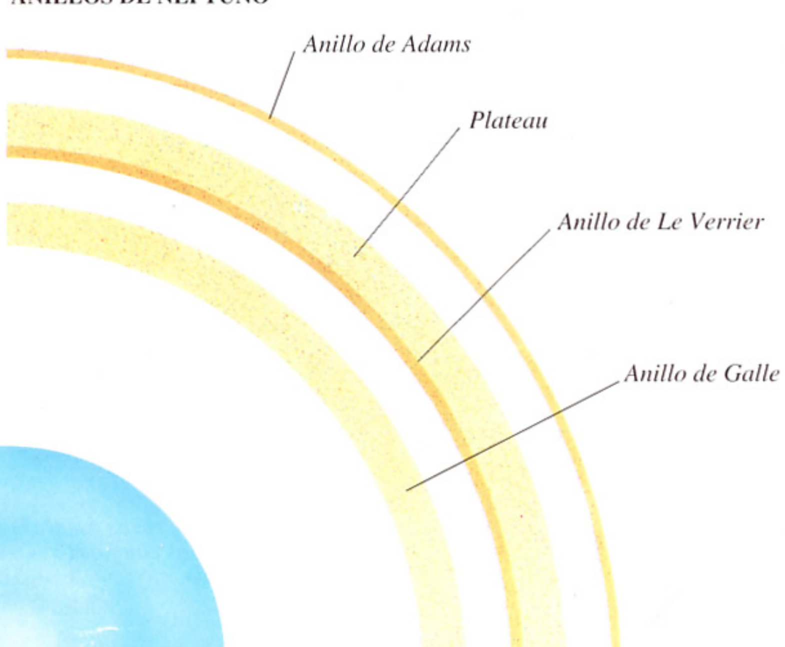
INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE NEPTUNO



CARACTERÍSTICAS DE LAS NUBES DE NEPTUNO



ANILLOS DE NEPTUNO



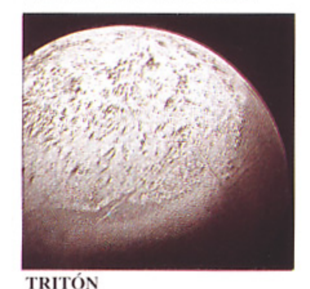
NUBES DE GRAN ALTURA

Cirros de metano a 40 km sobre la principal capa de nubes

Sombra de las nubes

Capa principal de nubes sometidas a vientos de unos 2.000 km/h

LUNAS DE NEPTUNO



TRITÓN
Diámetro: 2.705 km
Distancia media al planeta: 354.800 km



PROTEO
Diámetro: 416 km
Distancia media al planeta: 117.600 km

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE NEPTUNO

Temperatura de la capa superior de nubes de -220 °C

Atmósfera unida al manto

Manto de entre 10.000 y 15.000 km de grosor

Atmósfera gaseosa de hidrógeno, helio y metano

Manto de agua helada, metano y amoniaco

Núcleo rocoso de silicatos de unos 14.000 km de diámetro

Neblina de hidrocarburos sobre las nubes

Anillo de Adams

Anillo de Le Verrier

Plateau

Anillo de Galle

Nubes oscuras de sulfuro de hidrógeno por debajo de la capa principal de nubes

Capa principal de nubes arrastradas por vientos de unos 2.000 km/h

Gran Punto Oscuro

Cirros de metano a 40 km por encima de la principal capa de nubes

Scooter

Pequeño Punto Oscuro

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Hidrógeno: 85%

Helio: 13%

Metano: 2%

INCLINACIÓN Y ROTACIÓN DE PLUTÓN

Inclinación axial de 57,5°

Polo Norte

Plano orbital

Perpendicular al plano orbital

Polo Sur

Eje de rotación

Una rotación dura 6 días y 9 horas

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS Y ESTRUCTURA INTERNA DE PLUTÓN

Superficie de agua helada y metano

Manto helado

Superficie de agua helada y metano

Núcleo de roca y, posiblemente, hielo

Atmósfera tenue de metano, probablemente mezclado con nitrógeno

Temperatura de la superficie de unos -220 °C

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

Metano probablemente mezclado con nitrógeno

Asteroides, cometas, y meteoroides



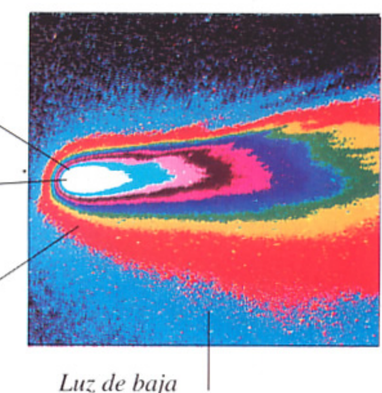
ASTEROIDE 951 GASPRA

LOS ASTEROIDES, COMETAS Y METEOROIDES son residuos que quedan de la nebulosa en que se formó el Sistema Solar hace 4.600 millones de años. Los asteroides son cuerpos rocosos de hasta casi 1.000 kilómetros de diámetro, aunque la mayoría son mucho más pequeños. La mayor parte de ellos gira alrededor del Sol en el cinturón de asteroides, que se sitúa entre las órbitas de Marte y Júpiter. Es posible que los cometas se originen en una enorme nube (llamada Nube de Oort) que se cree que rodea al Sistema Solar. Están formados por una mezcla de gases congelados y polvo, y tienen unos pocos kilómetros de diámetro. Ocasionalmente, un cometa se separa de la Nube de Oort y comienza una órbita alrededor del Sol en una larga trayectoria elíptica. A medida que el cometa se aproxima al Sol, su superficie se comienza a evaporar a causa del calor, y produce una brillante y reluciente coma (una inmensa esfera de gas y polvo alrededor del núcleo), una cola de gas y otra cola de polvo. Los meteoroides son pequeños pedazos de roca, o de roca y hierro, algunos de los cuales no pasan de ser fragmentos de asteroides o cometas. El tamaño de los meteoroides puede ir desde pequeñísimas partículas de polvo hasta objetos de decenas de metros de diámetro. Si un meteoroide penetra en la atmósfera de la Tierra, se calienta por fricción y aparece como un trazo de luz incandescente que se llama meteoro (también conocido como estrella fugaz). Las lluvias de meteoros se producen cuando la Tierra pasa a través de una nube de partículas de polvo dejada por un cometa. Muchos meteoros se queman en la atmósfera. Los pocos que son suficientemente grandes como para llegar a la superficie de la Tierra se llaman meteoritos.

IMAGEN ÓPTICA DEL COMETA HALLEY



IMAGEN EN COLORES FALSOS DEL COMETA HALLEY





CARACTERÍSTICAS DE UN COMETA

Cola recta y tenue de gas

Cola de polvo ancha y curva

Colas de cometas de hasta 100 millones de km de longitud

Cabeza (coma y núcleo)

Coma alrededor del núcleo

Moléculas de gas que, calentadas por el Sol, emiten luz

Cola recta y tenue de gas sobre la que sopla el viento solar

Núcleo de varios km. de diámetro

ESTRUCTURA DE UN COMETA

Coma brillante de hasta un millón de km de diámetro alrededor del núcleo

Posible núcleo de polvo de silicato

Corteza con áreas activas que emiten chorros de gas y polvo

Chorro de gas y polvo debido a la vaporización en el lado del núcleo iluminado por el Sol

Hielos compuestos por agua, anhídrido carbónico, metano y amoniaco helados

Cola ancha de polvo curvada a lo largo de la trayectoria orbital del cometa

Partículas de polvo que reflejan la luz solar

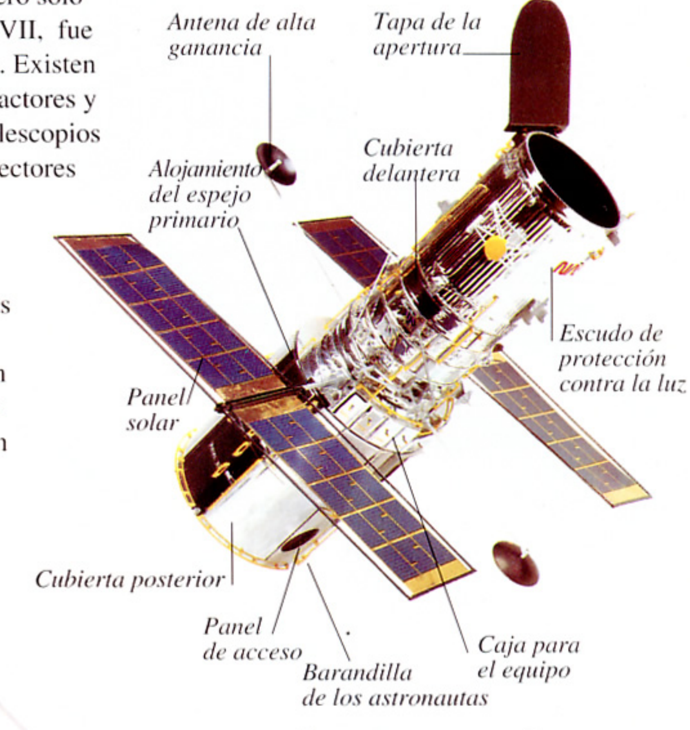
La observación del espacio



RADIOTELESCOPIO

EL HOMBRE SIEMPRE OBSERVÓ LAS ESTRELLAS, pero sólo después de la invención del telescopio, en el siglo XVII, fue posible ampliar las imágenes de los cuerpos celestes. Existen tres tipos principales de telescopios: reflectores, refractores y radiotelescopios. Los reflectores y refractores son telescopios ópticos: recogen y amplifican la luz visible. Los reflectores usan espejos para recoger la luz, y los refractores utilizan lentes. El Telescopio Espacial Hubble, que está en órbita alrededor de la Tierra, es un reflector. Los telescopios espaciales tienen la ventaja de producir imágenes que no son distorsionadas por la atmósfera terrestre. Las radiaciones del espacio que absorbe la atmósfera terrestre, como algunas ondas ultravioletas e infrarrojas, también pueden ser detectadas por algunos telescopios espaciales. Los radiotelescopios reciben ondas de radio emitidas por los cuerpos celestes y las convierten en señales eléctricas, que se pueden usar para generar imágenes. Desde fines de los años 50, hay sondas espaciales que exploran el Sistema Solar. En 1971, la sonda soviética Marte 3 se puso en órbita alrededor de Marte, transmitió imágenes y depositó una cápsula sobre la superficie (aunque una tormenta de arena inutilizó los instrumentos de a bordo). Las sondas Viking que Estados Unidos envió a Marte eran más sofisticadas: obtuvieron datos sobre el clima, fotografiaron el terreno, y analizaron el suelo. La sonda norteamericana Voyager 2 ha observado Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno y continuará transmitiendo datos mientras viaja hacia fuera del Sistema Solar.

TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE



CÓMO FUNCIONAN LOS TELESCOPIOS

REFRACTOR

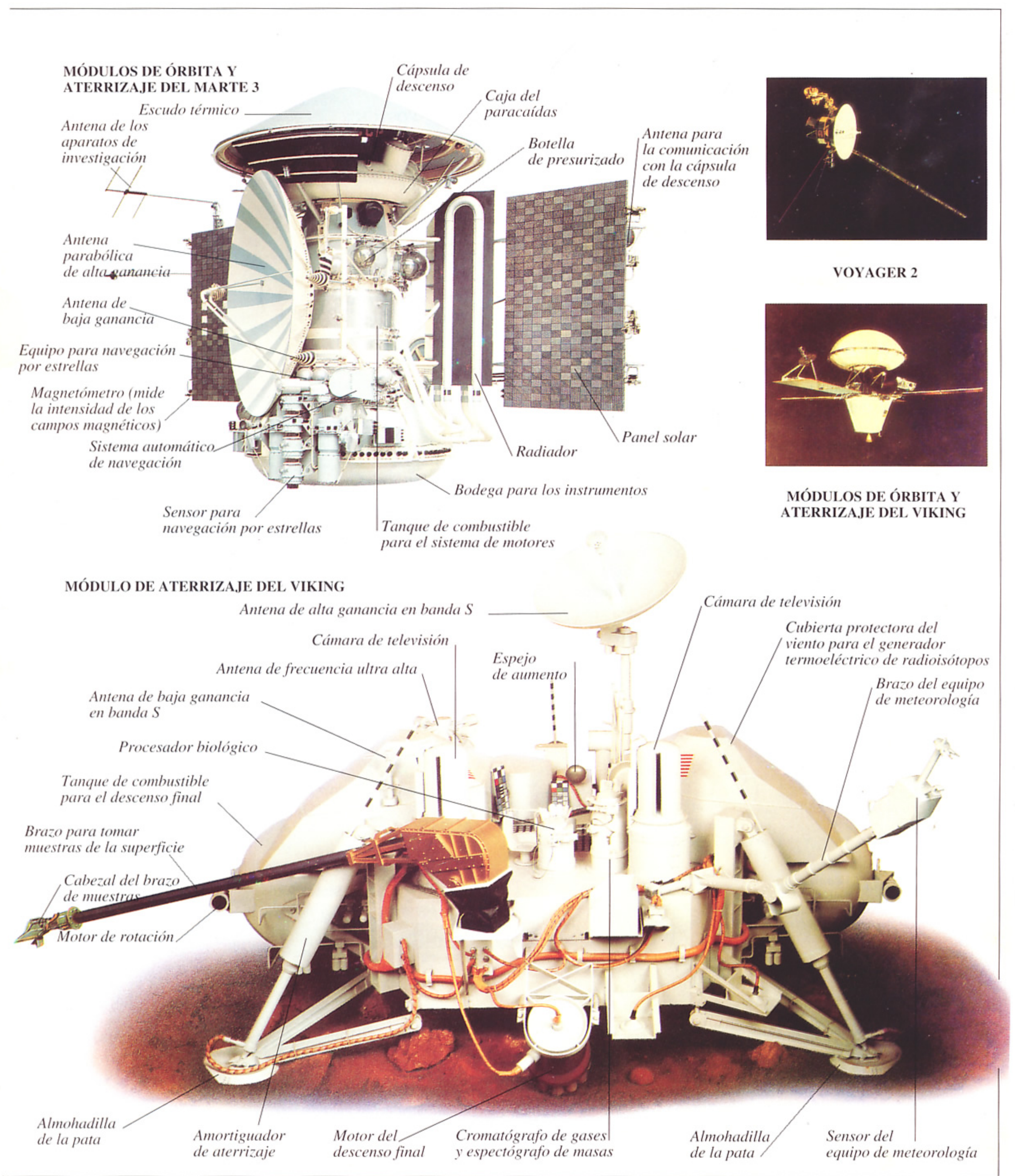
Objetivo
Tubo del telescopio
Rayo de luz incidente
Rayo de luz refractado
Ocular

REFLECTOR

Rayo de luz incidente
Ocular (lente)
Tubo del telescopio
Espejo primario
Espejo secundario
Rayo de luz reflejado

PEQUEÑO TELESCOPIO REFRACTOR

Tubo del telescopio
Célula del objetivo
Anillo de fijación
Círculo de declinación
Iluminador
Telescopio localizador
Montura ecuatorial
Círculo de ascenso recto
Contrapeso
Visor de eje polar
Nivelador
Botón para ajuste fino del azimut
Diagonal
Botón de enfoque
Ocular
Trípode
Soporte del trípode


MÓDULOS DE ÓRBITA Y ATERRIZAJE DEL MARTE 3
Cápsula de descenso
Caja del paracaídas
Escudo térmico
Antena de los aparatos de investigación
Botella de presurizado
Antena para la comunicación con la cápsula de descenso
Antena parabólica de alta ganancia
Antena de baja ganancia
Equipo para navegación por estrellas
Magnetómetro (mide la intensidad de los campos magnéticos)
Sistema automático de navegación
Radiador
Panel solar
Bodega para los instrumentos
Sensor para navegación por estrellas
Tanque de combustible para el sistema de motores
VOYAGER 2
MÓDULOS DE ÓRBITA Y ATERRIZAJE DEL VIKING
MÓDULO DE ATERRIZAJE DEL VIKING
Antena de alta ganancia en banda S
Cámara de televisión
Cámara de televisión
Cubierta protectora del viento para el generador termoeléctrico de radioisótopos
Espejo de aumento
Antena de frecuencia ultra alta
Antena de baja ganancia en banda S
Brazo del equipo de meteorología
Procesador biológico
Tanque de combustible para el descenso final
Brazo para tomar muestras de la superficie
Cabezal del brazo de muestras
Motor de rotación
Almohadilla de la pata
Amortiguador de aterrizaje
Motor del descenso final
Cromatógrafo de gases y espectógrafo de masas
Almohadilla de la pata
Sensor del equipo de meteorología

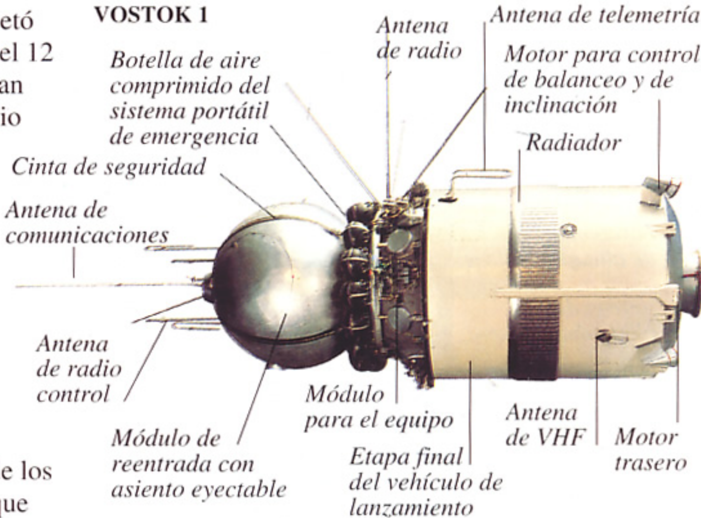
Exploración espacial tripulada



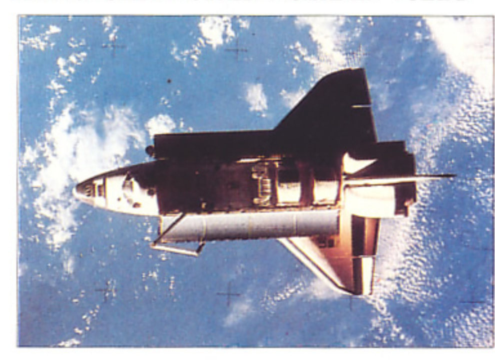
DESPEGUE DE LA LANZADERA ESPACIAL

LA PRIMERA PERSONA EN EL ESPACIO fue el cosmonauta soviético Yuri Gagarin, que completó una órbita de la Tierra en su cápsula Vostok 1, el 12 de abril de 1961. Para que los astronautas puedan sobrevivir en las condiciones hostiles del espacio deben estar protegidos por un ambiente artificial en el interior de un traje espacial o de la nave espacial. El medio ambiente artificial le da al astronauta una atmósfera respirable y la presión adecuada, lo protege de la radiación y de los micrometeoritos, y regula la temperatura de su cuerpo. Cuando los astronautas exploran el espacio abierto o la superficie lunar, conectan a su traje espacial un sistema portátil de emergencia. El transbordador espacial norteamericano, por ser una nave recuperable, es probablemente el más significativo de los recientes avances en la exploración tripulada del espacio. Sólo el tanque exterior de combustible se pierde en cada misión; los cohetes laterales de combustible sólido se recuperan y el vehículo orbital vuelve a la Tierra planeando. El transbordador tiene una gran depósito de carga y un brazo robótico dirigido por control remoto, que se usa para lanzar, recuperar y reparar satélites en el espacio. El depósito de carga puede llevar un laboratorio espacial o los componentes de una estación espacial. Las estaciones espaciales también han tenido un papel importante recientemente en la exploración espacial tripulada, y el desarrollo de estaciones como las Skylab, de Estados Unidos y Mir, de la ex URSS han demostrado que los astronautas pueden vivir y trabajar en el espacio durante meses e incluso años. Las misiones lunares Apolo, de Estados Unidos demostraron que es posible enviar hombres a la Luna (págs. 114-115). El próximo paso será enviar naves tripuladas para explorar los planetas, pero esto puede tardar todavía varias décadas.

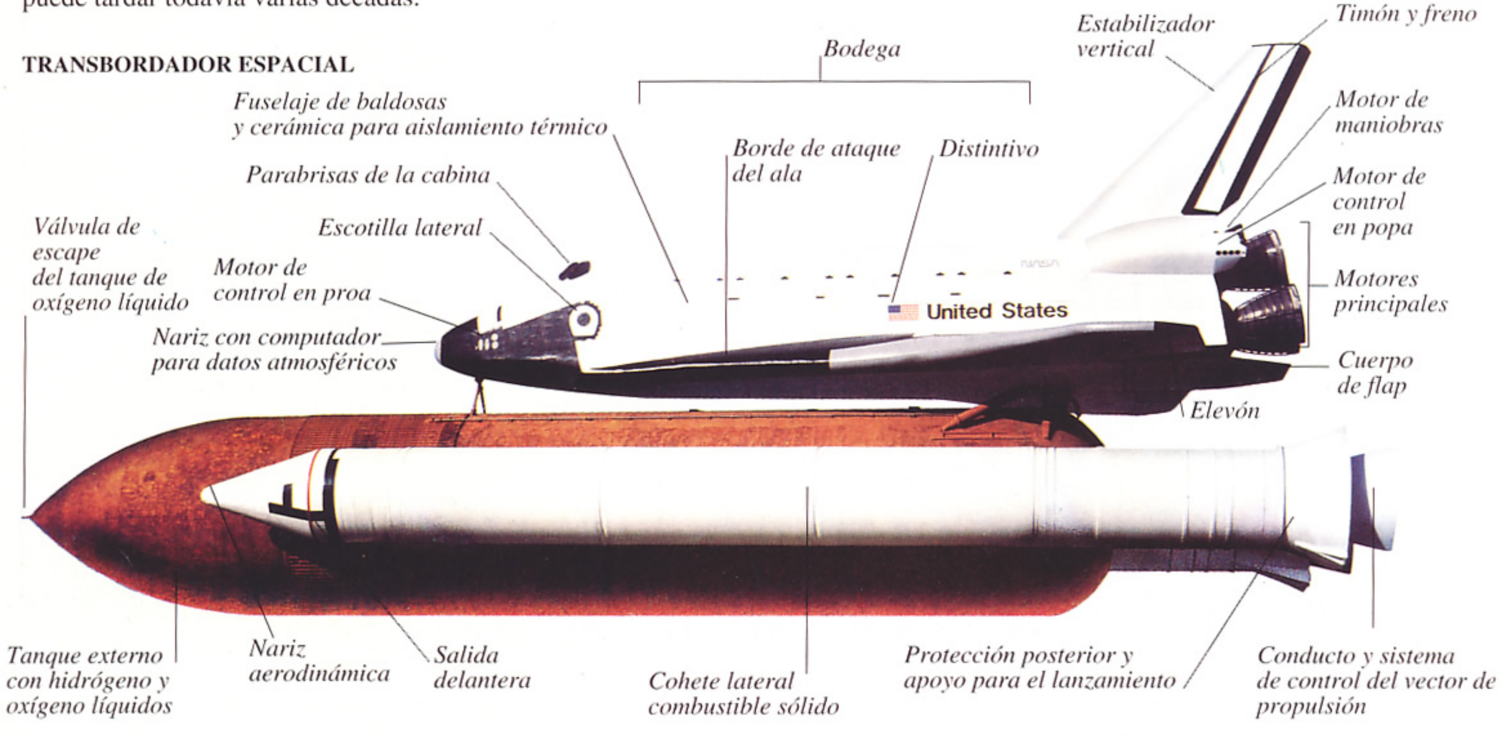
VOSTOK 1



TRANSBORDADOR ESPACIAL EN VUELO



TRANSBORDADOR ESPACIAL



TRAJES ESPACIALES

TRAJE PARA APOLO-9 (EE.UU.)

Visor extravehicular lunar
Cubierta dorada para reflejar el calor y la luz
Visor móvil
Correa de seguridad
Almohadilla de ventilación
Casco presurizado
Anillo de sujeción del casco
Gorra
Auriculares de comunicaciones
Auricular
Forro refrigerado por líquido
Anillo del cuello
Conector de entrada de comunicaciones
Entrada y salida de agua para el sistema portátil de emergencia
Bolsillo para lentes de sol
Correa de soporte
Entrada del oxígeno y salida para limpiar el sistema
Bolsillo para la linterna
Entrada de oxígeno y salida al sistema portátil de emergencia
Válvula para la regulación de presión
Broche de la muñeca
Guante presurizado
Puntas de los dedos moldeados
Guante presurizado
Guante extravehicular
Conector del guante con cierre a presión
Lazo para sujeción al módulo lunar
Bolsillo para el dosímetro
Tejido protector de frío y los micrometeóricos
Conexión para la transferencia de orina
Bota lunar
Cierre instantáneo
Bota lunar

TRAJE PARA VOSTOK (URSS)

Casco presurizado
Auriculares
Visor móvil
Válvula de respiración
Tirador del cordón
Traje espacial de varias capas
Válvula para regular la presión
Cierre del traje
Espejo
Traje exterior
Salida de gases respiratorios
Conexión de entrada de comunicaciones
Conexión para comunicaciones
Bolsillo para la radio

TRAJE ESPACIAL "ORLAND D" (URSS)

Casco presurizado
Visor teñido
Sistema portátil de emergencia
Entrada de emergencia del oxígeno
Panel de control para el sistema portátil de emergencia
Conexión de comunicaciones
Indicador de presión
Espejo
Selector para regular la presurización
Bolsillo
Cable de seguridad
Cable eléctrico con conector

CAJAS PARA MUESTRAS DEL APOLO

Gancho de porte
Sistema de cierre

PINZAS LARGAS DEL APOLO

Mango
Pinzas para recoger muestra de roca

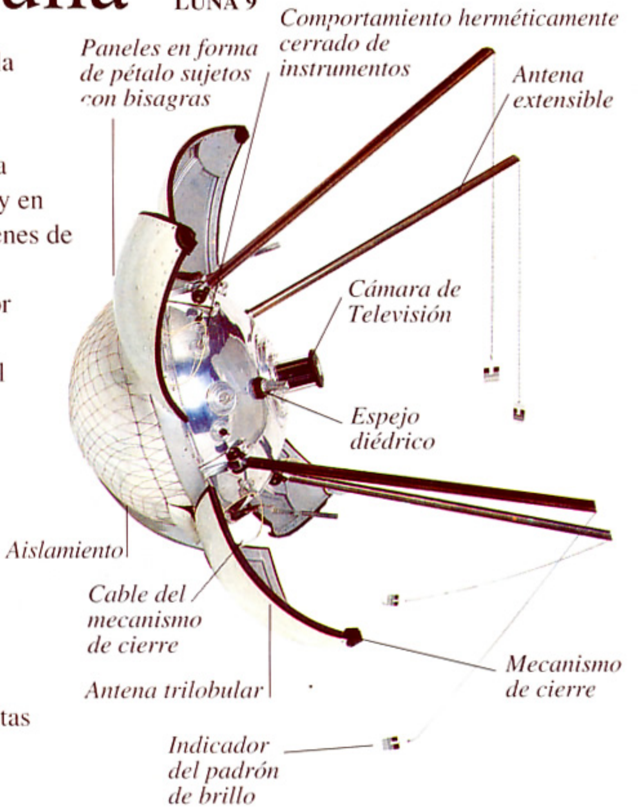
La exploración de la Luna



LANZAMIENTO DEL APOLO II

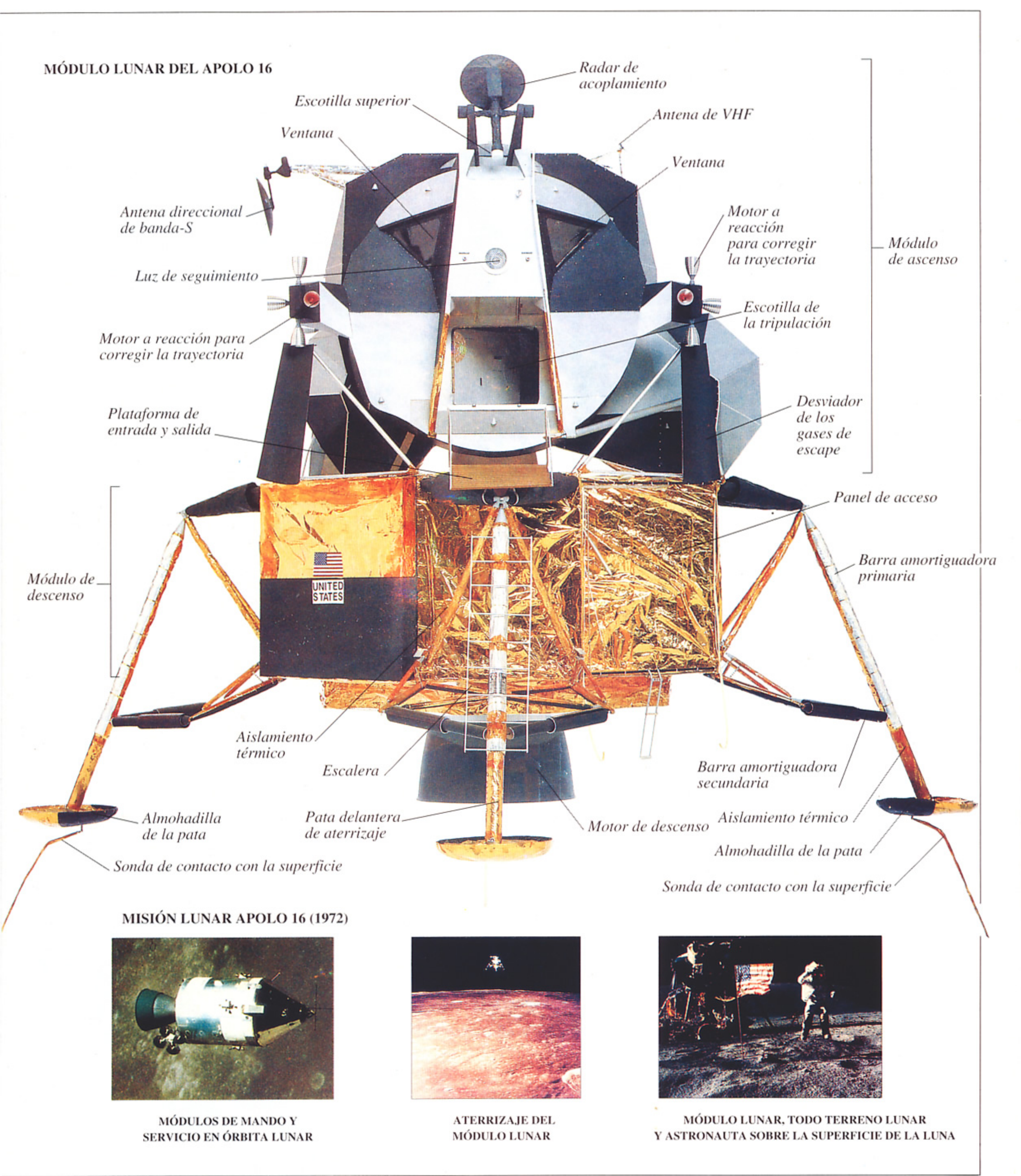
La luna es el cuerpo celeste más cercano a la Tierra. Sin embargo, hasta hace poco no se conocía mucho de ella. La exploración más intensa se hizo primero con sondas no tripuladas. La sonda soviética Luna-2 fue la primera que llegó a la Luna, en 1959, y en 1966, la sonda Luna-9 transmitió las primeras imágenes de su superficie. Una de las sondas no tripuladas más sofisticadas fue la Lunokhod-1 soviética, dirigida por control remoto que recorrió la superficie lunar transmitiendo imágenes de televisión y analizando el suelo. Los primeros hombres que aterrizaron en la Luna formaban parte de la misión norteamericana Apolo-11, el 20 de julio de 1969. El Apolo-11 tenía tres componentes: un módulo de mando, un módulo de servicio y un módulo lunar. Después de girar en órbita alrededor de la Luna, el módulo lunar descendió a la superficie de la Luna con dos astronautas a bordo (Neil Armstrong y Edwin "Buzz" Aldrin). Los astronautas recogieron muestras de rocas, tomaron fotografías e instalaron equipos de investigación. Despegaron de la Luna en la etapa de ascenso del módulo y el cual se acopló al módulo de mando antes de recorrer los 384.400 kilómetros de vuelta a la Tierra. Más de diez astronautas norteamericanos exploraron la Luna antes de que terminara el programa Apolo, en 1972. Desde entonces, ha ido a la Luna sólo un pequeño número de naves no tripuladas.

LUNA 9



LUNOKHOD 1

Antena direccional del haz estrecho
Radiador de refrigeración
Tapa con bisagras del panel solar
Cámara panorámica de barrido vertical
Motor de la antena
Bodega de instrumentos herméticamente cerrada
Cámara panorámica de barrido horizontal
Motor del panel solar
Telescopio de rayos-X
Protector-reflector del calentador
Antena retráctil
Cámara de televisión delantera
Calentador nuclear
Espectrómetro de rayos-X para analizar el suelo
Rueda
Motor electromecánico
Rayo de la rueda
Borde de la rueda
Láminas de titanio para una mejor sujeción al suelo
Rejilla
Arnés de cables
Conexión eléctrica
Soporte del chasis



MISIÓN LUNAR APOLO 16 (1972)

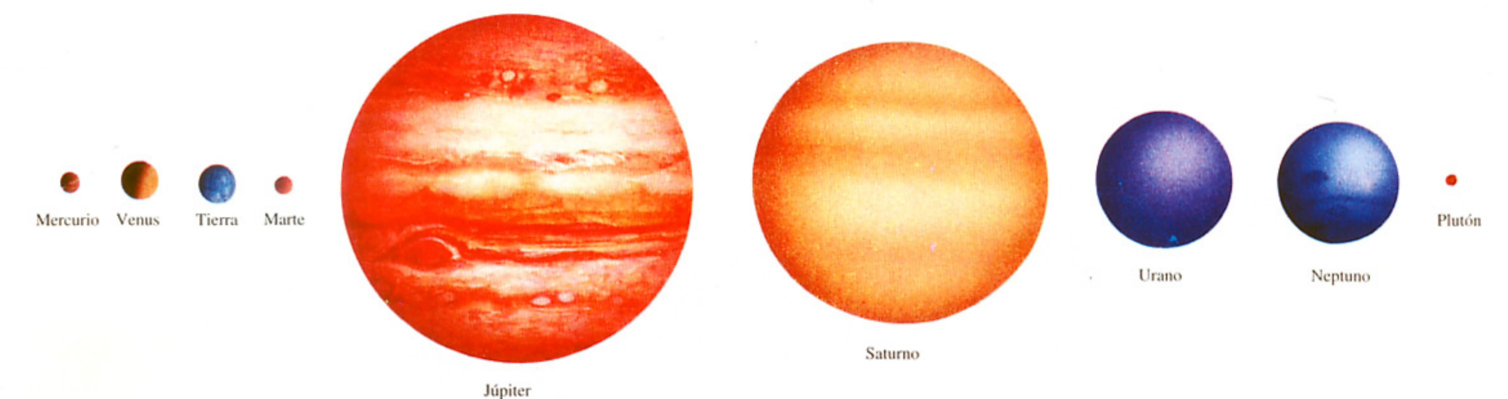
MÓDULOS DE MANDO Y SERVICIO EN ÓRBITA LUNAR

ATERRIZAJE DEL MÓDULO LUNAR

MÓDULO LUNAR, TODO TERRENO LUNAR Y ASTRONAUTA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA LUNA

Datos astronómicos 1

PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR



PLANETAS

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Plutón
Masa (Tierra = 1)	0,055	0,81	1	0,11	318	95,18	14,5	17,14	0,0022
Diámetro ecuatorial (km)	4.878	12.103	12.756	6.786	142.984	120.536	51,118	49.528	2.300
Volumen (Tierra = 1)	0,056	0,86	1	0,15	1.323	744	67	57	desconocido
Densidad media (g/cm³; agua = 1g/cm³)	5,42	5,25	5,52	3,94	1,33	0,69	1,27	1,71	2,03
Gravedad de la superficie del Ecuador (Tierra = 1)	0,38	0,86	1	0,38	2,5	1,1	1,1	1,1	desconocido
Velocidad ecuatorial de escape (km/s)	4,3	10,3	11,2	5	59,5	35,6	21,2	23,6	1,1
Inclinación axial (grados)	2	2	23,4	24	3,1	26,7	97,9	28,8	57,5
Período de rotación (longitud de 1 día) (d = día terrestre, h = hora terrestre)	58,65d	243,01d*	23,93h	24,62h	9,92h	10,67h	17,23h*	16,12h	6,38d*
Temperatura media de la superficie (°C)	-170 a 430	464	15	-40	-120	-180	-210	-220	-220
Número de anillos conocidos	0	0	0	0	1	7	11	4	0
Número de lunas	0	0	1	2	16	18	15	8	1
Magnitud aparente máxima	-1,4	-4,4	-	-2,8	-2,8	-0,3	5,5	7,8	13,6
Afelio (millones de km)	69,7	109	152,1	249,1	815,7	1.507	3.004	4.537	7.375
Perihelio (millones km)	45,9	107,4	147,1	206,7	740,9	1.347	2.735	4.456	4.425
Distancia media al Sol (millones km)	57,9	108,2	149,6	227,9	778,3	1.427	2.869,6	4.496,6	5.900
Velocidad orbital media (km/s)	47,89	35,03	29,79	24,13	13,06	9,64	6,81	5,43	4,74
Inclinación orbital (grados)	7	3,39	0	1,85	1,3	2,49	0,77	1,77	17,2
Periodo orbital (duración del año) (a = año terrestre, d = día terrestre)	87,97d	224,7d	365,26d	1,88a	11,86a	29,46a	84,01a	164,79a	248,54a

*= La rotación es retrógrada

EL SOL

Edad aproximada (miles de millones de años)	4,6
Tipo de estrella	Amarilla de la secuencia principal
Masa (Tierra = 1)	332.946
Diámetro ecuatorial (km)	1.392.000
Densidad media (g/cm³; aagua = 1g/cm³)	1,41
Magnitud aparente	-26,7
Magnitud absoluta	4,83
Luminosidad (miles de millones de miles de millones de megawatios)	390
Temperatura media de la superficie (°C)	5.500
Temperatura media del núcleo (°C)	15.000.000
Distancia máxima a Tierra (km)	152.000.000
Distancia mínima a Tierra (km)	147.000.000
Distancia media a Tierra (km)	149.600.000
Período de rotación polar (días terrestres)	35
Período de rotación ecuatorial (días terrestres)	25

COMETAS FAMOSOS

Nombre	Período (años)
Cometa D'Arrest	6,6
Cometa de Encke	3,3
Cometa Giacobini-Zinner	6,5
Gran Cometa de 1811	3.000
Gran Cometa de 1843	512,4
Gran Cometa de 1844	102.050
Gran Cometa de 1864	2.800.000
Cometa de Halley	76,3
Cometa de Holmes	6,9
Cometa de Kohoutek	75.000
Cometa de Mrkós	5,3
Cometa de Olber	74
Cometa de Pons-Winnecke	6
Cometa de Schwassmann-Wachmann	16,2

COMETA

LUNAS

Nombre del planeta	Nombre de la luna	Diámetro (km)	Distancia media al planeta (km)	Período orbital (días terrestres)	Inclinación orbital (grados)
Tierra	Luna	3.476	384.400	27,3	5,1
Marte	Fobos	22*	9.400	0,3	1,1
	Deimos	13*	23.500	1,4	1,8
Júpiter	Metis	40	128.000	0,3	0
	Adrastea	20*	129.000	0,3	0
	Amalthea	200	181.300	0,5	0,45
	Tebas	100*	221.900	0,7	0,9
	Io	3.642	421.800	1,8	0,04
	Europa	3.138	670.900	3,6	0,47
	Ganímedes	5.262	1.070.000	7,2	0,21
	Calisto	4.800	1.880.000	16,7	0,51
	Leda	15	11.094.000	238,7	26,1
	Himalia	170	11.480.000	250,6	27,6
	Lysicea	35	11.720.000	259,2	29
	Elara	70	11.737.000	259	24,8
	Ananke	25	21.200.000	631	147
	Carme	40	22.600.000	692	164
	Pasifae	60	23.500.000	735	145
	Sinope	40	23.700.000	758	153
Saturno	Pan	20	133.600	0,57	muy pequeño
	Atlas	31*	137.700	0,6	0,3
	Prometeo	102*	139.400	0,6	0
	Pandora	85*	141.700	0,6	0,1
	Epimeteo	117	151.400	0,7	0,3
	Jano	188*	151.500	0,7	0,1
	Mimas	397	186.000	0,9	1,52
	Encelado	498	238.000	1,4	0,02
	Tetis	1.050	295.000	1,9	1,86
	Telesto	22*	295.000	1,9	desconocido
	Calipso	24*	295.000	1,9	desconocido
	Dione	1.118	377.000	2,7	0,02
	Elena	32*	377.000	2,7	0,2
	Rea	1.528	527.000	4,6	0,35
	Titán	5.150	1.222.000	15,9	0,33
	Hiperión	286*	1.481.100	21,3	0,43
	Iapeto	1.436	3.561.300	79,3	14,7
	Foebe	220	12.954.000	550,4	175
Urano	Cordelia	26	49.700	0,3	muy pequeño
	Ofelia	32	53.800	0,4	muy pequeño
	Blanca	44	59.200	0,4	muy pequeño
	Cressida	66	61.800	0,5	muy pequeño
	Desdémona	58	62.700	0,5	muy pequeño
	Julieta	84	64.400	0,5	muy pequeño
	Porcia	110	66.100	0,5	muy pequeño
	Rosalinda	58	69.900	0,6	muy pequeño
	Belinda	68	75.300	0,6	muy pequeño
	Puck	154	86.000	0,8	muy pequeño
	Miranda	472	129.800	1,4	3,4
	Ariel	1.158	191.200	2,5	0
	Umbriel	1.169	266.000	4,1	0
	Titania	1.578	435.900	8,7	0
	Oberón	1.523	582.600	13,5	0
Neptuno	Naiad	54	48.000	0,3	0
	Thalassa	80	50.000	0,3	0
	Despina	180	52.500	0,3	0
	Galatea	150	62.000	0,4	0
	Larissa	192	73.600	0,6	0
	Proteo	416	117.600	1,1	4,5
	Tritón	2.705	354.800	5,9	160
	Nereida	300	5.514.000	360,2	27
Plutón	Charón	1.200	19.600	6,4	98,8

*= diámetro promedio para satélites de forma irregular

LA LUNA

ECLIPSES TOTALES DE SOL (HASTA 2005)

Fecha	Lugar donde es visible
3 de noviembre 1994	Océano Índico, Atlántico Sur, Suramérica, Pacífico Central.
24 de octubre 1995	Oriente Medio, sur de Asia y Pacífico Sur.
9 de marzo 1997	Siberia, Ártico.
26 de febrero 1998	Pacífico Central, Centroamérica, Atlántico Norte.
11 de agosto 1999	Atlántico Norte, norte de Europa, Oriente Medio y norte de India.
21 de junio 2001	Suramérica, Atlántico Sur, África del Sur y Pacífico.
4 de diciembre 2002	Atlántico Central, Sudáfrica, Pacífico Sur, Australia.
23 de noviembre 2003	Pacífico Sur, Antártica.

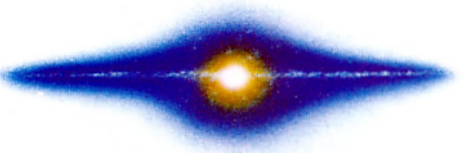
ECLIPSES TOTALES DE LUNA (HASTA 2005)

Fecha	Lugar donde es visible
29 de noviembre 1993	Continente americano entero.
4 de abril 1996	África, sureste de Europa.
27 de septiembre 1996	Continente americano entero, África Occidental.
16 de septiembre 1997	África del Sur, África del Este, y Australia.
21 de enero 2000	Continente americano entero, Suroeste de Europa, África Occidental.
16 de julio 2000	Pacífico, Australia, sureste de Asia.
9 de enero 2001	África, Asia, Europa.
16 de mayo 2003	Sur y Centroamérica, Antártica.
9 de noviembre 2003	Continente americano entero.
4 de mayo 2004	África, Oriente Medio, India.
28 de octubre 2004	Continente americano entero, África Occidental, sur de Europa.

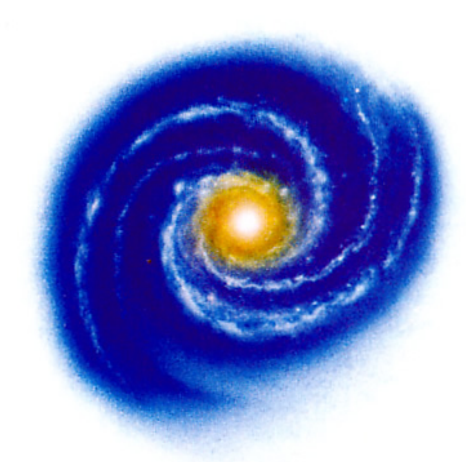
Datos astronómicos 2

GRUPO LOCAL DE GALAXIAS

Nombre/Número de catálogo	Tipo	Distancia (en años luz)	Luminosidad (millones de Soles)	Diámetro (en años luz)
Vía Láctea	Espiral	0	15.000	100.000
Gran Nube de Magallanes	Espiral irregular	170.000	2.000	30.000
Pequeña Nube de Magallanes	Irregular	190.000	500	20.000
Escultor	Elíptica	300.000	1	6.000
Quilla (Carina)	Elíptica	300.000	0,01	3.000
Dragón	Elíptica	300.000	0,1	3.000
Sextante	Elíptica	300.000	0,01	3.000
Osa Menor	Elíptica	300.000	0,1	2.000
Hornillo (Formax)	Elíptica	500.000	12	6.000
León I	Elíptica	600.000	0,6	2.000
León II	Elíptica	600.000	0,4	2.000
NGC 6822	Irregular	1.800.000	90	15.000
IC 5152	Irregular	2.000.000	60	3.000
WLM	Irregular	2.000.000	90	6.000
Andrómeda (M31)	Espiral	2.200.000	40.000	150.000
Andrómeda I	Elíptica	2.200.000	1	5.000
Andrómeda II	Elíptica	2.200.000	1	5.000
Andrómeda III	Elíptica	2.200.000	1	5.000
M32 (NGC 221)	Elíptica	2.200.000	130	5.000
NGC 147	Elíptica	2.200.000	50	8.000
NGC 185	Elíptica	2.200.000	60	8.000
NGC 205	Elíptica	2.200.000	160	11.000
M33 (Triángulo)	Espiral	2.400.000	5.000	40.000
IC 1613	Irregular	2.500.000	50	10.000
DDO 210	Irregular	3.000.000	2	5.000
Peces (Piscis)	Irregular	3.000.000	0,6	2.000
GR 8	Irregular	4.000.000	2	1.500
IC 10	Irregular	4.000.000	250	6.000
Sagitario	Irregular	4.000.000	1	4.000
León A	Irregular	5.000.000	20	7.000
Pegaso	Irregular	5.000.000	20	7.000



VISTA LATERAL DE NUESTRA GALAXIA (VÍA LÁCTEA)



VISTA SUPERIOR DE NUESTRA GALAXIA (VÍA LÁCTEA)



ORION

ESTRELLAS MÁS BRILLANTES

Nombre/Número de catálogo	Constelación	Magnitud aparente	Magnitud absoluta	Distancia (años luz)	Tipo de estrella
Sol		-26,7	4,8	0,000015*	Amarilla, secuencia principal
Sirio A	Can Mayor (Canis Maior)	-1,4	1,4	8,6	Blanca, secuencia principal
Canopus	Quilla (Carina)	-0,7	-8,5	1.200	Supergigante blanca
Alfa Centauro A	Centauro	-0,1	4,1	4,3	Amarilla, secuencia principal
Arturo	Boyero (Bootes)	-0,1	-0,3	37	Gigante roja
Vega	Lira	0,04	0,5	27	Blanca, secuencia principal
Cabra (Capella)	Cochero (Auriga)	0,1	-0,6	45	Gigante amarilla
Rigel	Orión	0,1	-7,1	540-900	Supergigante blanca
Proción	Can Menor (Canis Minor)	0,4	2,7	11,3	Amarilla, secuencia principal
Achernar	Eridano	0,5	-1,3	85	Blanca, secuencia principal

*= 149.600.000 km

ESTRELLAS MÁS CERCANAS

Nombre/Número de catálogo	Constelación	Distancia (años luz)	Magnitud Aparente	Magnitud Absoluta	Tipo de estrella
Sol		0,000015*	-26,7	4,8	Amarilla, secuencia principal
Próxima Centauro	Centauro	4,2	11	15,5	Enana roja
Alfa Centauro A	Centauro	4,3	-0,1	4,1	Amarilla, secuencia principal
Alfa Centauro B	Centauro	4,3	1,4	5,7	Naranja, secuencia principal
Estrella de Barnard	Ofiuco	5,9	9,5	13	Enana roja
Wolf 359	León (Leo)	7,6	13,5	16,7	Enana roja
Lalande 21.185	Osa Mayor	8,1	7,5	10,4	Enana roja
Sirio A	Can Mayor	8,6	-1,4	1,5	Blanca, secuencia principal
Sirio B	Can Mayor	8,6	8,7	12	Enana blanca
UV Ceti A	Ballena (Cetus)	8,9	12,4	15	Enana roja

*= 149.600.000 km



CAN MAYOR



Glosario

AFELIO: Punto más distante del Sol que alcanza un cuerpo en su órbita alrededor del Sol. (Ver Perihelio.)

AÑO: Tiempo que tarda un planeta en completar su órbita alrededor del Sol. Un año sideral es el tiempo que dura una órbita medida usando las estrellas fijas como punto de referencia para la posición.

AÑO LUZ: Unidad de distancia igual a la distancia recorrida por la luz (o por cualquier radiación electromagnética) en un año por el vacío. Un año luz tiene 9,46 millones de kilómetros o 63.240 unidades astronómicas o 0,3066 parsecs. Un segundo luz equivale a 299.792 kilómetros. (Ver Unidad astronómica, Parsec.)

APOGEO: Punto más alejado de la Tierra en la órbita de la Luna o de un satélite artificial alrededor de la Tierra.

ASTEROIDE (PLANETA MENOR): Pequeño cuerpo. rocoso en órbita alrededor del Sol, generalmente en el cinturón de asteroides que se ubica entre Marte y Júpiter.

ATMÓSFERA: Capa gaseosa externa de un planeta, satélite o estrella. No tiene un límite externo definido y se hace cada vez más tenue hasta confundirse con el espacio.

BIG BANG (TEORÍA): Teoría según la cual la existencia del Universo comenzó cuando el espacio, el tiempo y la materia se crearon en una gran explosión (el Big Bang o Gran Explosión) hace unos 10.000 ó 20.000 millones de años.

COMETA: Cuerpo pequeño y helado en órbita larga y excéntrica alrededor del Sol.

CONSTELACIÓN: Figura formada por un grupo de estrellas en el cielo. Las estrellas no están necesariamente asociadas físicamente entre sí, ya que pueden estar a distancias muy diferentes de la Tierra.

DÍA: Tiempo que tarda un planeta en completar la rotación alrededor de su eje. Un **día sideral** es el tiempo que tarda una estrella en volver a la misma posición en el cielo. Un **día solar** es el tiempo que transcurre entre una salida y la siguiente del Sol.

DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL: Gráfico que muestra la relación entre las luminosidades y los tipos espectrales (colores) de las estrellas. Puede incluir otros factores, como la temperatura estelar.

DISCO DE ACRECIÓN: Disco de materia que, debido a la gravedad, describe una espiral alrededor de un objeto, como un hoyo negro.

ECLIPSE: Oscurecimiento total o parcial de un cuerpo celeste por otro. En un **eclipse solar**, la Luna pasa entre el Sol y la Tierra, escondiendo el Sol parcial o totalmente para una zona pequeña de la Tierra. En un **eclipse lunar**, la Tierra se interpone entre la Luna y el Sol y la Luna pasa a través de la sombra de la Tierra.

ECLÍPTICA: Plano en el cual la Tierra orbita alrededor del Sol.

EJE DE ROTACIÓN: Línea imaginaria alrededor de la cual gira un cuerpo. La inclinación axial es el ángulo entre el eje de rotación y la perpendicular al plano orbital. (Ver Órbita.)

ENANA BLANCA: Estrella colapsada, pequeña, muy densa en proceso de enfriamiento.

ENANA ROJA: Estrella pequeña con temperatura baja en su superficie y la luminosidad más baja de todas las estrellas de la secuencia principal. (Ver Estrella de la secuencia principal.)

ESFERA CELESTE: Esfera imaginaria sobre la cual parecen estar los objetos celestes, vistos desde la Tierra. El **ecuador celeste** está señalado por la proyección del ecuador terrestre sobre la esfera celeste. Los **polos celestes** son los puntos de la esfera celeste sobre los polos Norte y Sur de la Tierra.

ESPECTRO: Banda o series de líneas de radiación electromagnética producidas al separar la radiación en las longitudes de onda que la constituyen. Por ejemplo, los colores del arco iris son causados por la descomposición de la luz blanca que atraviesa las gotas de agua existentes en la atmósfera.

ESTRELLA BINARIA: Par de estrellas que giran una alrededor de la otra. Cerca de la mitad de las estrellas conocidas pertenecen a grupos de dos o más estrellas.

ESTRELLA ENANA: Estrella de la secuencia principal. (Ver Estrella de la secuencia principal.)

ESTRELLAS GIGANTES Y SUPERGIGANTES: Estrellas grandes con una gran luminosidad. Las gigantes son entre 10 y 1.000 veces más brillantes que el Sol, con diámetros de entre 10 y 100 veces el del Sol. Las supergigantes son las estrellas mayores y más luminosas, miles de veces más brillantes que el Sol y con diámetros de hasta 1.000 veces el del Sol.

ESTRELLAS DE NEUTRONES: Núcleo estelar que se ha colapsado hasta quedar constituido casi exclusivamente por neutrones. Tiene una masa de entre 1,5 y 3 veces la masa del Sol, pero un diámetro muy pequeño (habitualmente de unos 10 kilómetros). Las estrellas de neutrones se detectan como pulsares. (Ver Pulsar.)

ESTRELLA DE LA SECUENCIA PRINCIPAL: Estrella que cae dentro de una diagonal bien definida en el Diagrama de Hertzsprung-Russell. Las estrellas de la secuencia principal producen energía en el interior de sus núcleos por la fusión del hidrógeno que se convierte en helio. (Ver Diagrama de Hertzsprung-Russell.)

ESTRELLA VARIABLE: Estrella cuyo brillo cambia.

FASES: Cambios aparentes que se producen en la forma de la Luna y de algunos planetas a medida que cambia la parte iluminada que es visible desde la Tierra.

GALAXIA: Conjunto de estrellas, gas y polvo unidos por la gravitación. Las galaxias se clasifican según su forma en espirales, elípticas o irregulares. Generalmente se encuentran en grupos conocidos como cúmulos.

GRAVITACIÓN (GRAVEDAD): Fuerza de atracción entre los cuerpos que depende de su masa y de la distancia entre ellos. Mantiene a los cuerpos con menos masa en órbita alrededor de los cuerpos con más masa, como ocurre con los planetas alrededor del Sol.

GRUPO LOCAL DE GALAXIAS: Cúmulo de por lo menos 28 galaxias al cual pertenece la Vía Láctea.

HORIZONTE DE EVENTOS: Frontera de un hoyo negro. La luz que se emite en el interior del horizonte de eventos no puede escapar y, por lo tanto, es imposible observar los eventos que ocurren en su interior. (Ver Hoyo negro.)

HOYO NEGRO: Región del espacio alrededor de una estrella colapsada, donde la fuerza de gravedad es tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar. (Ver Horizonte de eventos.)

LUMINOSIDAD: Brillo de un cuerpo luminoso (por ejemplo, una estrella) dado por la energía total que irradia en un momento determinado.

LUNA: Satélite natural de cualquier planeta. También es el nombre del único satélite de la Tierra. (Ver Satélite.)

MAGNITUD: Medida del brillo de una estrella u otro cuerpo celeste. **Magnitud aparente** es el brillo procedende de un objeto visto desde la Tierra. **Magnitud absoluta** es la magnitud que tendría un objeto si se observara a una distancia de 10 parsec. (Ver Luminosidad.)

METEOROIDE: Partícula de polvo o de roca que viaja por el espacio a gran velocidad. Un meteoro (también llamado estrella fugaz) es el trazo de luz que se ve cuando un meteoroide se quema al entrar en la atmósfera de la Tierra. Un meteorito es un meteoroide de mayor tamaño que penetra en la atmósfera y llega a la superficie de la Tierra. Las lluvias de meteoros se producen cuando la Tierra pasa por una zona del espacio donde hay partículas de polvo dejadas por un cometa.

MOVIMIENTO RETRÓGRADO: Movimiento contrario al sentido de los punteros del reloj (visto desde arriba) de un planeta alrededor del Sol o de un satélite alrededor de su planeta, o de un planeta alrededor de su eje o rotación.

NEBULOSA: Nube de gas y polvo interestelares. Las nebulosas se detectan como nebulosas de emisión, que brillan; de reflexión, que dispersan luz estelar, y nebulosas oscuras, que oscurecen la luz de las estrellas o de nebulosas lejanas.

NEUTRINO: Partícula elemental sin carga eléctrica y, posiblemente, casi sin masa por lo que viaja a velocidades muy cercanas a la de la luz. Los neutrinos casi no interactúan con el resto de la materia.

ÓRBITA: Trayectoria curva que describe en el espacio un cuerpo debido a la atracción gravitatoria de un cuerpo de mayor masa. El **plano orbital** es el plano sobre el cual se describe la órbita. La **inclinación orbital** es el ángulo entre el plano orbital y un plano de referencia, como puede ser la elíptica. El **período orbital** es el tiempo que tarda el cuerpo en completar una órbita. (Ver Año, Eclíptica.)

PARSEC: Unidad de distancia igual a 3,26 años luz o 206.265 unidades astronómicas. (Ver Unidad astronómica, Año luz.)

PERIGEO: Punto más cercano a la Tierra en la órbita de la Luna o de un satélite artificial alrededor de la Tierra. (Ver Apogeo.)

PERIHELIO: Punto más cercano al Sol en la órbita de un planeta o de cualquier otro cuerpo alrededor del Sol. (Ver Afelio.)

PLANETA: Cuerpo relativamente grande en órbita alrededor del Sol o de una estrella. Los planetas brillan solamente al reflejar la luz del Sol.

PROTOESTRELLA: Estadio más temprano en la vida de una estrella, durante el cual se condensa en una nebulosa, antes de convertirse en una estrella de la secuencia principal.

PULSAR: Fuente de ondas de radio en pulsos regulares (a veces luz y otras radiaciones). Se cree que los pulsares son estrellas de neutrones en rotación.

QUASAR (OBJETO CUASI-ESTELAR): Objeto compacto, extremadamente luminoso que aparece como una estrella cuando se ve desde la Tierra. Se sabe muy poco de los quásares, pero probablemente son núcleos de galaxias activas cuya fuente de energía pueden ser hoyos negros super pesados.

RADIACIÓN: Ondas de partículas emitidas por una fuente. La radiación electromagnética es energía que se transmite en forma de ondas e incluye los rayos gamma, rayos-X, radiación ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, microondas y ondas de radio. La radiación de partículas incluye partículas elementales, como los protones y electrones, en el viento solar.

SATÉLITE: Cuerpo en órbita alrededor de otro cuerpo mayor. Los **satélites naturales** de los planetas se llaman lunas. Los **satélites artificiales** se han colocado alrededor de la Tierra, la Luna y algunos otros planetas (Ver Luna.)

SINGULARIDAD: Punto o región teóricos del espacio-tiempo donde fallan las leyes de la física. La teoría predice la existencia de una singularidad con densidad y presión infinitas en el centro de un hoyo negro.

SISTEMA DE ANILLOS: Disco fino de polvo, rocas o partículas de hielo en órbita en el plano ecuatorial de algunos planetas.

SISTEMA SOLAR: El Sol y todos los cuerpos que orbitan a su alrededor debido a la gravitación.

SOL: Estrella central del Sistema Solar. Es una estrella de la secuencia principal, con tamaño y luminosidad medias.

SUPERNOVA: Explosión catastrófica de una estrella pesada al final de su vida, durante la cual puede llegar a brillar tanto como una galaxia entera. Un **resto de supernova** es la nube en expansión que ella deja.

UNIDAD ASTRONÓMICA (UA): Unidad de distancia igual a la distancia media entre la Tierra y el Sol: 149.597.870 kilómetros.

VIA LÁCTEA: Suave banda de luz procedente de la multitud de estrellas de nuestra galaxia, que se extiende por el cielo nocturno.

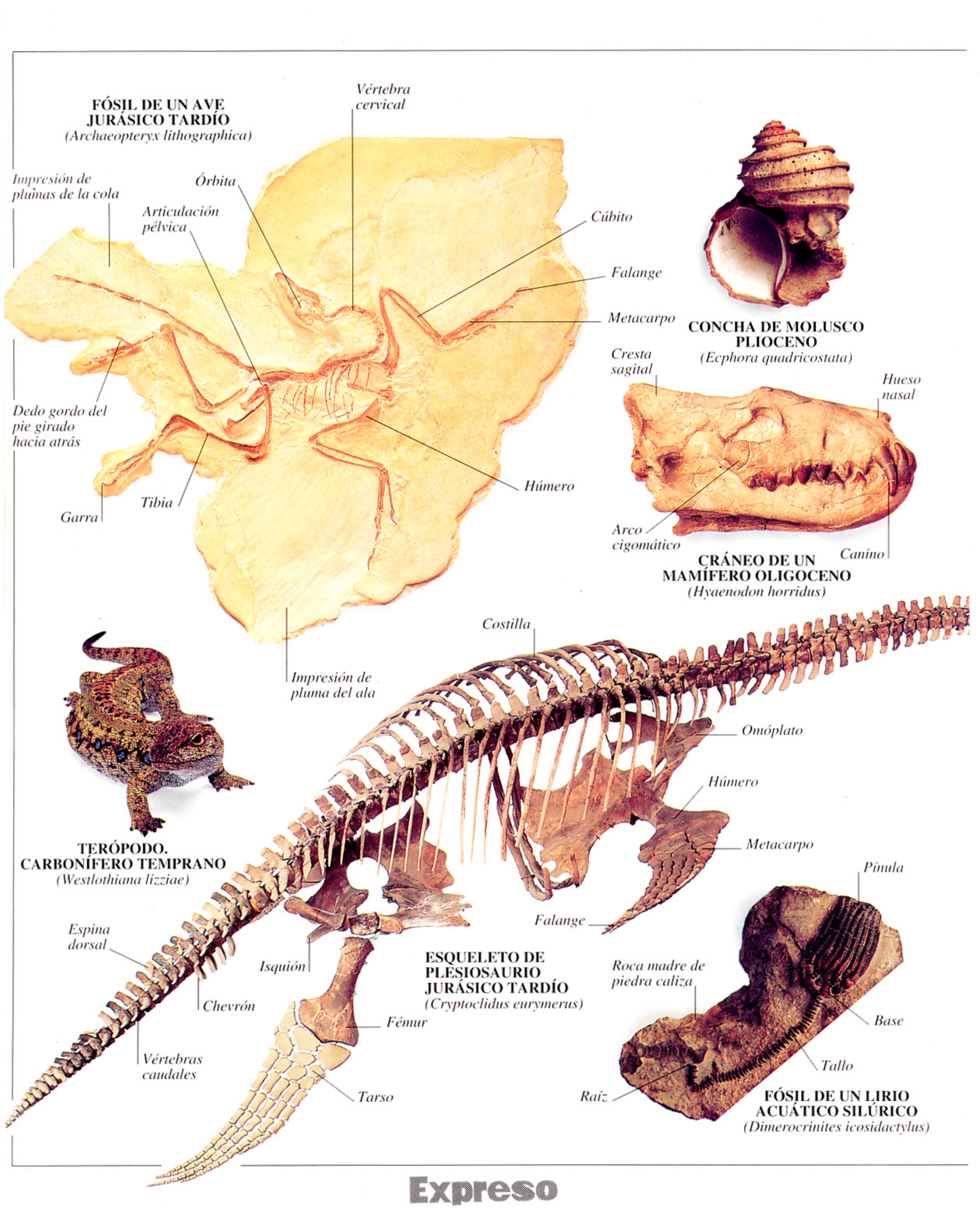


ENCICLOPEDIA VISUAL

VIDA PREHISTÓRICA

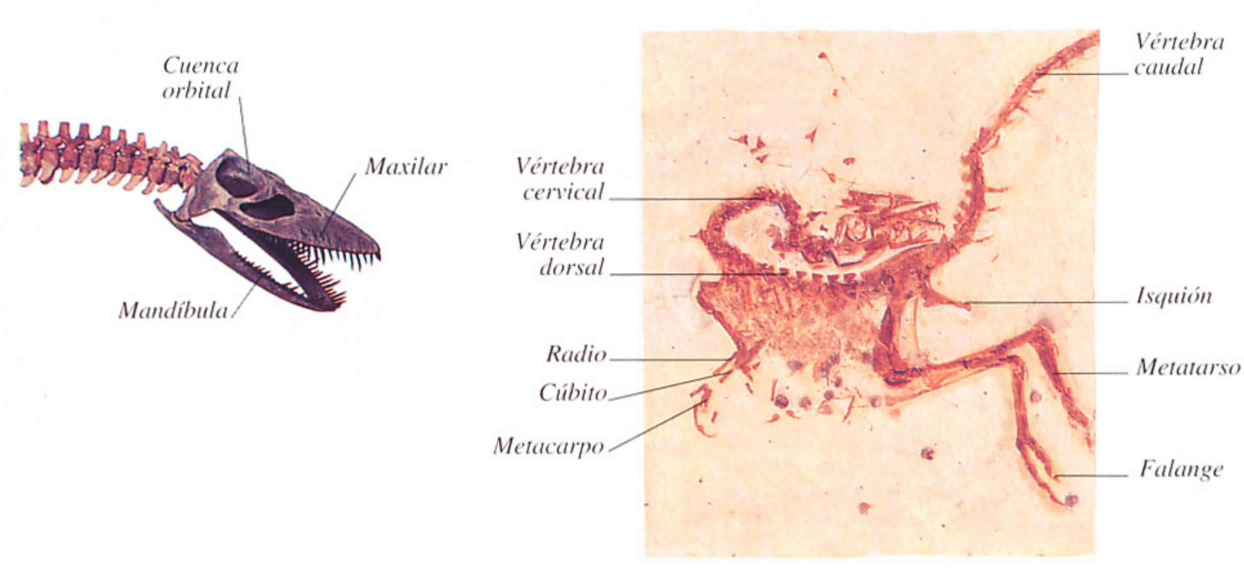


DINOSAURIO TERÓPODO CRETÁCICO TARDÍO
(Carnotaurus sastrei)
Largo: 7,6 m


FÓSIL DE UN AVE
JURÁSICO TARDÍO
(Archaeopteryx lithographica)
Vértebra cervical
Impresión de plumas de la cola
Órbita
Articulación pélvica
Cúbito
Falange
Metacarpo
Dedo gordo del pie girado hacia atrás
Húmero
Garra
Tibia
Impresión de pluma del ala
CONCHA DE MOLUSCO
PLIOCENO
(Ecphora quadricostata)
Cresta sagital
Hueso nasal
Arco cigomático
Canino
CRÁNEO DE UN
MAMÍFERO OLIGOCENO
(Hyaenodon horridus)
Costilla
Omóplato
Húmero
Metacarpo
Falange
TERÓPODO.
CARBONÍFERO TEMPRANO
(Westlothiana lizziae)
Espina dorsal
Isquión
Chevrón
ESQUELETO DE
PLESIOSAURIO
JURÁSICO TARDÍO
(Cryptoclidus eurymerus)
Fémur
Vértebras caudales
Tarso
Píнula
Roca madre de piedra caliza
Base
Tallo
Raíz
FÓSIL DE UN LIRIO
ACUÁTICO SILÚRICO
(Dimerocrinites icosidactylus)
Expreso

ENCICLOPEDIA VISUAL

VIDA PREHISTÓRICA

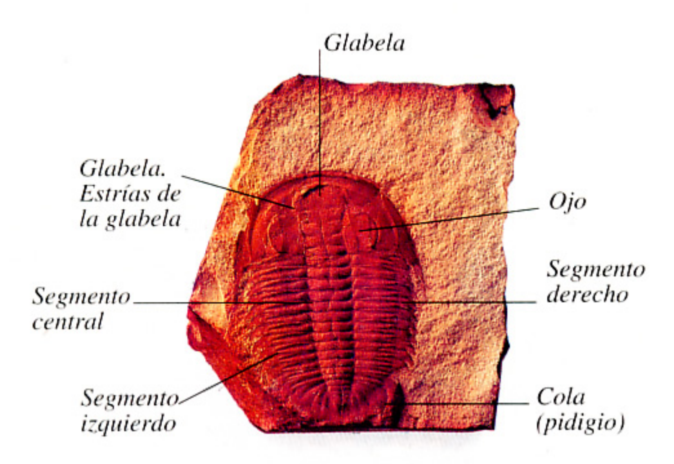


ESQUELETO DE UN DINOSAURIO TERÓPODO JURÁSICO TARDÍO
(Compsognathus longipes)

AMEREIDA



Consejo Editorial



TRILOBITES CÁMBRICO MEDIO
(Xystridura saint-smithii)

Título original: The Visual Dictionary of Prehistoric Life
Publicada originalmente en Gran Bretaña en 1995
por Dorling Kindersley Limited
9 Henrietta Street, London WC2E 8PS

1996

Co-Edición EDITORIAL AMEREIDA S.A.
ERNESTO PINTO LAGARRIGUE 148
SANTIAGO-CHILE
TELÉFONO (562) 7371905 - FAX (562) 7359451

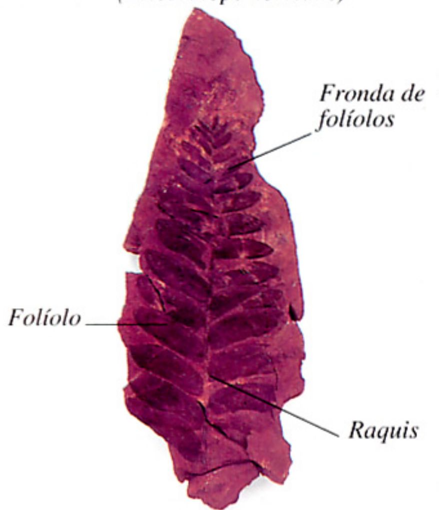


Sumario

CABALLO DE LA EPOCA EOCENO
(Hyracotherium sp.)

Largo cuerno de la frente
Cuerno nasal
Capucha ondulada

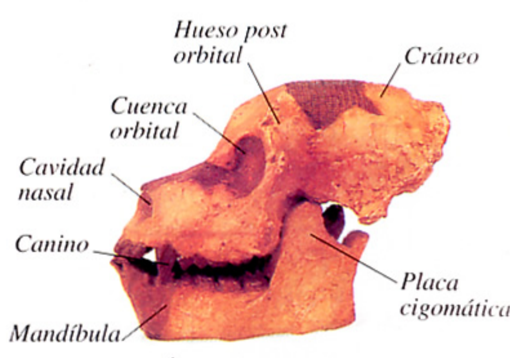
CRÁNEO DE DINOSAURIO PERÍODO CRETÁCICO
(Triceratops horridus)



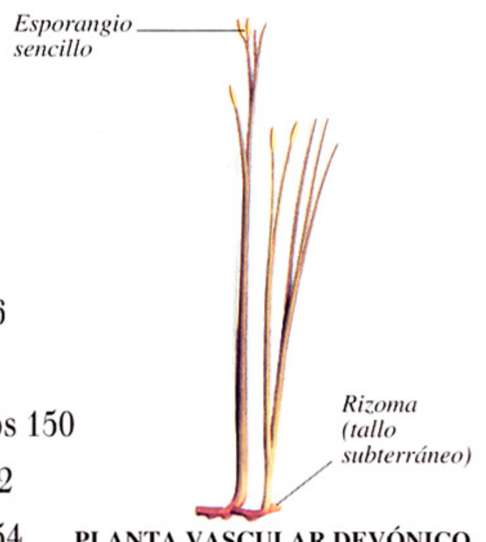
HOJA FÓSIL DE CICA PERÍODO TRIÁSICO *(Cycas sp.)*



CRÁNEO Y ESPINA DORSAL DE TERÁPODO PÉRMICO TEMPRANO
(Diplocaulus magnicornis)



CRÁNEO DE UN PRIMATE ÉPOCA OLIGOCENO
(Aegyptopithecus sp.)



PLANTA VASCULAR DEVÓNICO
(Aglaophyton sp.)



AMMONITES JURÁSICO
(Asteroceras obtusum)



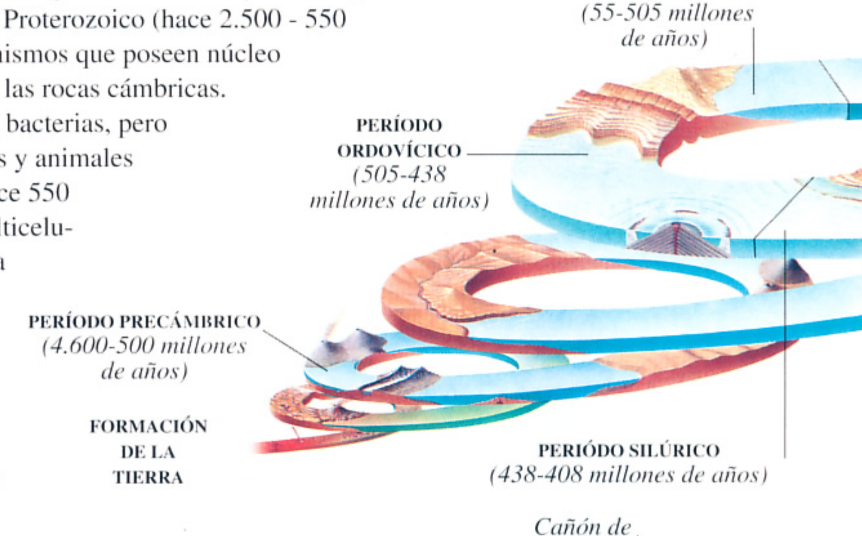
CRÁNEO DE UN PÁJARO DEL MIOCENO
(Phorusracus inflatus)

La Prehistoria

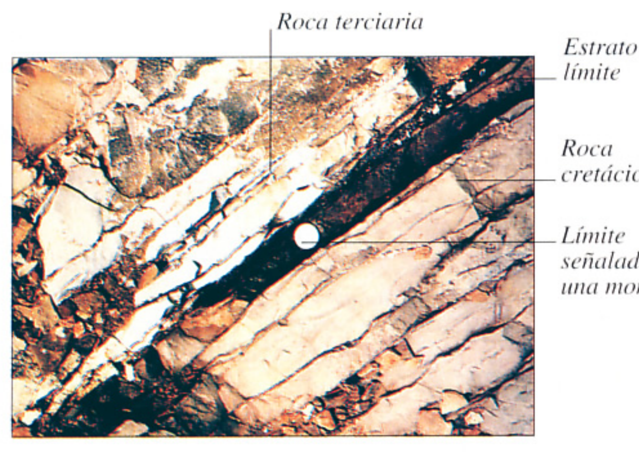


FÓSIL NO CLASIFICADO PROTEROZOICO TARDÍO
(Mawsonites spriggi)

El paso del tiempo geológico está señalado por la lenta formación de rocas sedimentarias. Estas han tardado millones de años en formarse, mediante la sedimentación gradual de partículas como polvo y arena. La corteza terrestre ha acumulado gruesas capas de estas rocas, ubicándose las más antiguas al fondo y las más nuevas sobre éstas. En muchos lugares esta secuencia ha sido inclinada, plegada o afectada de una u otra forma debido a movimientos geológicos, los que han permitido que rocas antiguas afloren a la superficie y junto a ellas fósiles. El estudio de la vida prehistórica comienza con la identificación de la formación de las rocas y fósiles, y gran parte de este estudio es necesario para determinar su ubicación en el cronograma geológico. Esta línea de tiempo divide la historia de la Tierra en tres eones. El Eón Arcaico (hace 4.600 - 2.500 millones de años) comenzó con la formación del planeta y abarca el inicio de la vida (lejos de lo que sabemos con precisión), en forma de procariotas (organismos sin núcleo celular). El Eón Proterozoico (hace 2.500 - 550 millones de años) abarca la aparición de los eucariotas (organismos que poseen núcleo celular). Se extiende hasta el período en que se sedimentaron las rocas cámbricas. A inicios del Proterozoico, los únicos seres vivientes eran las bacterias, pero hacia fines de él había gran cantidad de plantas multicelulares y animales cuya vida se desarrollaba en el agua. El Eón Panerozoico (hace 550 millones de años) es el período en el cual los organismos multicelulares dominaron la vida en la Tierra. El Panerozoico abarca la era Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica (ver págs. 130-135). Las eras están divididas en períodos, que a su vez se dividen en épocas.



LÍMITE DE LOS PERÍODOS CRETÁCICO Y TERCIARIO
Corte de una roca en Gubbio, Italia Central



Cañón de Bryce
Cañón de Zion
Cuaternario
Terciario
Cretácico
Jurásico
Triásico
Pérmico
Carbonífero
Paleozoico temprano

CRONOGRAMA GEOLÓGICO
HACE MILLONES DE AÑOS

4.600	3.500	2.900	2.500	1.600	900	550	505
ERA PRECÁMBRICA						PERÍODO CÁMBRICO	PERÍODO ORDOVÍCICO
ARCAICO TEMPRANO	ARCAICO MEDIO	ARCAICO TARDÍO	EÓN PROTEROZOICO TEMPRANO	EÓN PROTEROZOICO MEDIO	EÓN PROTEROZOICO TARDÍO		
EÓN ARCAICO			EÓN PROTEROZOICO				

PERÍODOS GEOLÓGICOS EN LA HISTORIA DE LA TIERRA

PERÍODO CRETÁCICO
(144-65 millones de años)

PERÍODO JURÁSICO
(208-144 millones de años)

PERÍODO TRIÁSICO
(248-208 millones de años)

PERÍODO TERCIARIO
(65-2 millones de años)

PERÍODO PÉRMICO
(286-248 millones de años)

PERÍODO CARBONÍFERO
(360-286 millones de años)

PERÍODO CUATERNARIO
(2 millones de años a nuestros días)

PERÍODO DEVÓNICO
(408-360 millones de años)

REGIÓN DEL GRAN CAÑÓN, UTAH A ARIZONA, USA

Ejemplo de formación de rocas en la escala de tiempo geológico

Valle del Río Colorado
Desierto pintado
Ribera norte
Gran Cañón
Ribera sur
Río Colorado
Pérmico
Carbonífero
Silúrico a Devónico
Cámbrico a Ordovícico
Precámbrico

HACE MILLONES DE AÑOS: 438, 408, 360, 320, 286, 248, 208, 144, 65, 53, 36,5, 23, 5,3, 2, 0,01, 0

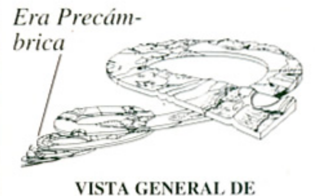
ÉPOCA: PALEOCENO, EOCENO, OLIGOCENO, MIOCENO, PLIOCENO, PLEISTOCENO, HOLOCENO

PERÍODO: PERÍODO SILÚRICO, PERÍODO DEVÓNICO, MISSISSÍPICO (NORTEAMÉRICA), PENSILVÁNICO (NORTEAMÉRICA), PERÍODO CARBONÍFERO, PERÍODO PÉRMICO, PERÍODO TRIÁSICO, PERÍODO JURÁSICO, PERÍODO CRETÁCICO, PERÍODO TERCIARIO, PERÍODO CUATERNARIO

ERA: ERA PALEOZOICA, ERA MESOZOICA, ERA CENOZOICA

EÓN: EÓN PANEROZOICO

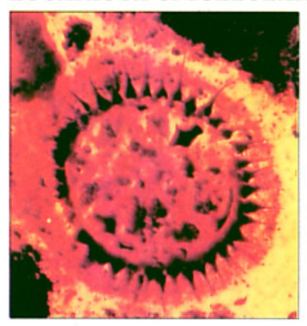
Era Precámbrica



VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

LA ERA PRECÁMBRICA ocupa más de siete octavos de la historia de la Tierra. No se ha encontrado roca sedimentaria de los primeros 800 millones de años; aparentemente ellas han desaparecido debido a cambios geológicos. En Groenlandia se han encontrado sedimentos de 3.800 millones de años, conteniendo elementos químicos que indican la presencia de vida. Los primeros seres vivientes fueron las bacterias, que se clasifican como procariotas, organismos sin núcleo celular. Pareciera razonable situar su primera aparición hace aproximadamente 3.900 millones de años, en el primer tercio del Eón Arcaico (hace 4.600 - 2.500 millones de años). Durante el resto del Eón Arcaico, los únicos seres vivientes fueron los procariotas. El segundo hito en el proceso de la evolución, hace aproximadamente 1.500 millones de años fue la aparición de los eucariotas: seres vivientes que sí poseen núcleo celular. Esto ocurrió aproximadamente a mediados del Eón Proterozoico (hace 2.500 - 550 millones de años). Los primeros eucariotas fueron algas unicelulares. Estas, junto a los protozoos (otra forma de eucariotas unicelulares), formaron el reino de los Protistas. Considerando a ambos, los eucariotas forman un enorme super-reino que comprende cuatro reinos completos del mundo viviente: protistas, plantas, hongos y animales. Las primeras plantas, las algas multicelulares, aparecieron hace unos 1.000 millones de años. Los primeros fósiles encontrados de animales precámbricos fue en los montes Ediacara, Australia (y en otros lugares desde entonces). No está claro si todos ellos son fósiles animales; algunos, tales como los *Mawsonites* (ver pág. 6), son tan extraños que los científicos no concuerdan en cuanto a su clasificación.

MICROFOTOGRAFÍA DE UN EUCARIOTA UNICELULAR



PROTISTA PROTEOZICO
Probablemente un quiste de alga, 580 millones de años



PROTISTA VIVIENTE
Un protozoo complejo (Paramecium sp.)

Aparición de algas multicelulares (las primeras plantas)

Aparece el oxígeno libre en la atmósfera

Aparecen los primeros seres vivos (procariotas)

Formación de grandes continentes

Se forman los océanos

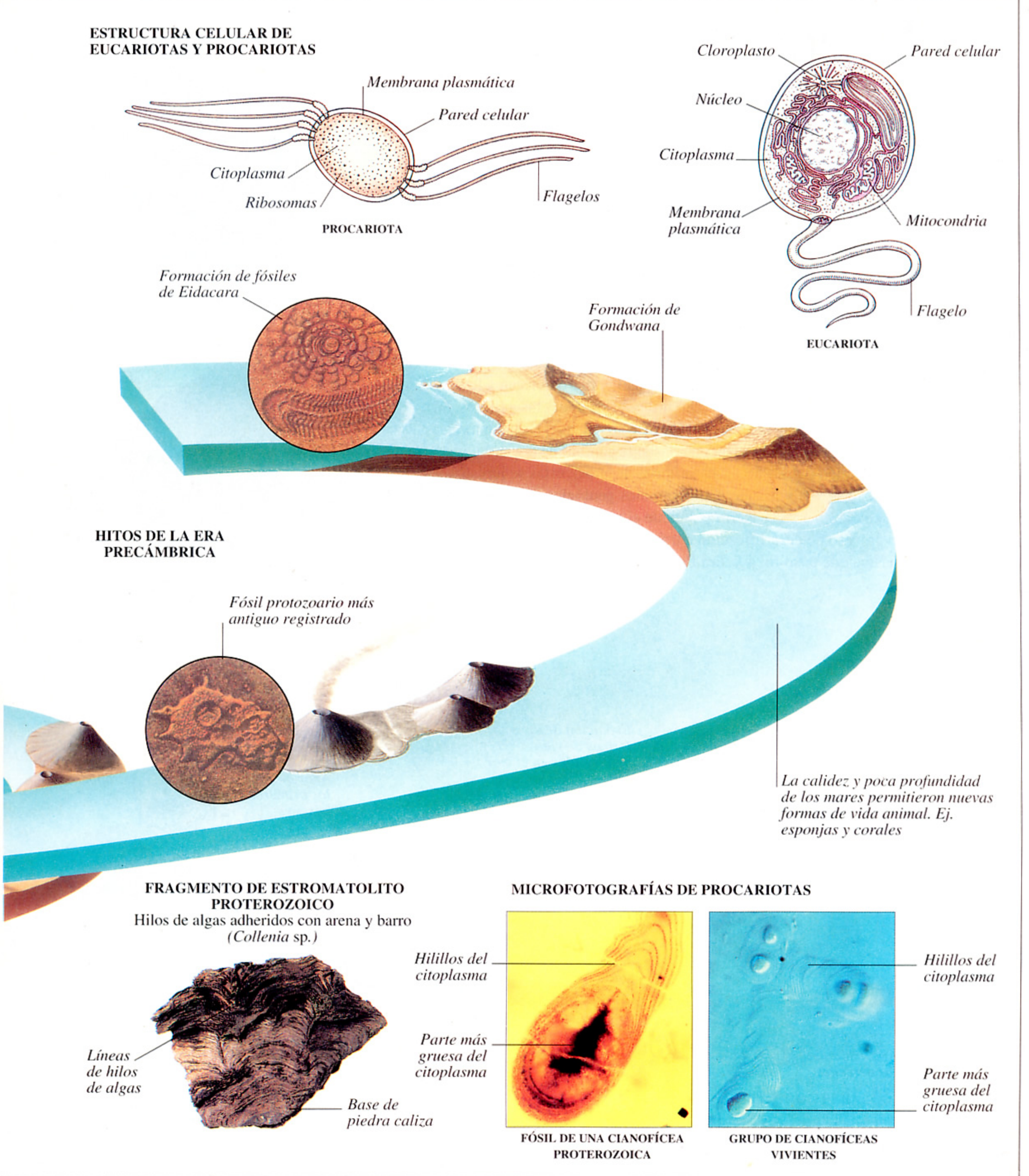
Se forma la Tierra

Los volcanes expelen dióxido de carbono y otros gases atmosféricos

Gran cantidad de pequeños planetas chocan con la Tierra

Los altos niveles de dióxido de carbono hacen la atmósfera del Eón Arcaico irrespirable

Aparición de organismos eucarióticos


ESTRUCTURA CELULAR DE
EUCARIOTAS Y PROCARIOTAS
Membrana plasmática
Pared celular
Citoplasma
Ribosomas
Flagelos
PROCARIOTA
Cloroplasto
Pared celular
Núcleo
Citoplasma
Membrana plasmática
Mitocondria
Flagelo
EUCARIOTA
Formación de fósiles de Eidacara
Formación de Gondwana
HITOS DE LA ERA PRECÁMBRICA
Fósil protozoario más antiguo registrado
La calidez y poca profundidad de los mares permitieron nuevas formas de vida animal. Ej. esponjas y corales
FRAGMENTO DE ESTROMATOLITO PROTEROZOICO
Hilos de algas adheridos con arena y barro (*Collenia* sp.)
Líneas de hilos de algas
Base de piedra caliza
MICROFOTOGRAFÍAS DE PROCARIOTAS
Hilillos del citoplasma
Parte más gruesa del citoplasma
FÓSIL DE UNA CIANOFÍCEA PROTEROZOICA
Hilillos del citoplasma
Parte más gruesa del citoplasma
GRUPO DE CIANOFÍCEAS VIVIENTES

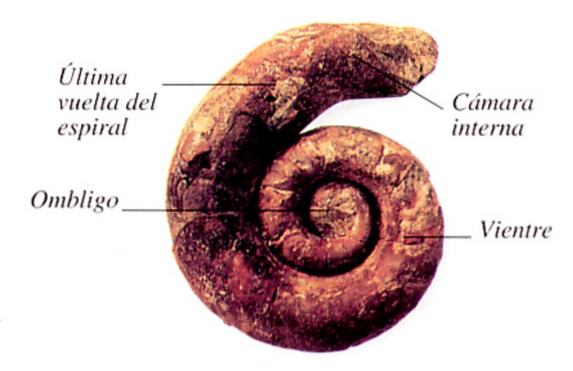
Era Paleozoica



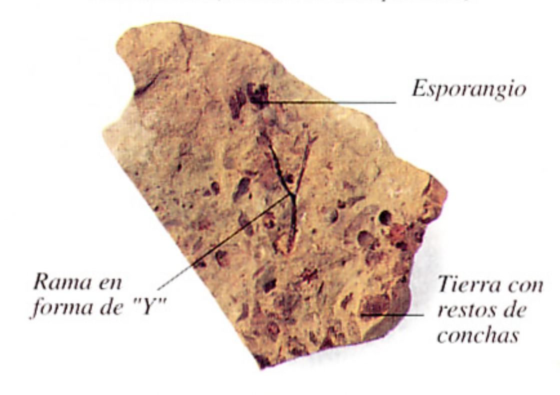
VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

DURANTE LA ERA PALEOZOICA (hace 550 - 248 millones de años) fue la primera vez que prosperó la vida animal y vegetal. A comienzos del período Cámbrico (hace 550 - 505 millones de años) hubo un rápido desarrollo en el proceso de evolución: dentro de un período relativamente breve surgieron gran cantidad de esponjas, gusanos, artrópodos y moluscos. Casi 100 millones de años después, hacia fines del período Ordovícico (hace 505 - 438 millones de años) evolucionaron los primeros vertebrados reales: los peces sin mandíbulas. Durante el período Silúrico (hace 438 - 408 millones de años) los artrópodos y las plantas primitivas poblaron las tierras secas. Los primeros bosques aparecieron en el período Devónico (hace 408 - 360 millones de años). Los primeros tetrápodos (vertebrados cuadrúpedos) evolucionaron de peces con aletas de piel, y dieron origen a los anfibios. En el período Carbonífero, (360 - 286 millones de años) los anfibios, a su vez, dieron origen a los reptiles y aparecieron los insectos alados. Durante toda la Era Paleozoica las masas de tierra estaban en constante cambio de posición, y durante el período Pérmico (hace 286 - 248 millones de años), éstas se juntaron formando la Pangea, el supercontinente. Estos cambios geológicos ocasionaron profundos efectos en el clima de la Tierra y durante el período Pérmico tardío, se cree que un vasto proceso de desertificación a través de toda la Pangea, fue la causa de la extinción masiva que puso fin a la Era Paleozoica.

FOSILES DE LA ERA PALEOZOICA

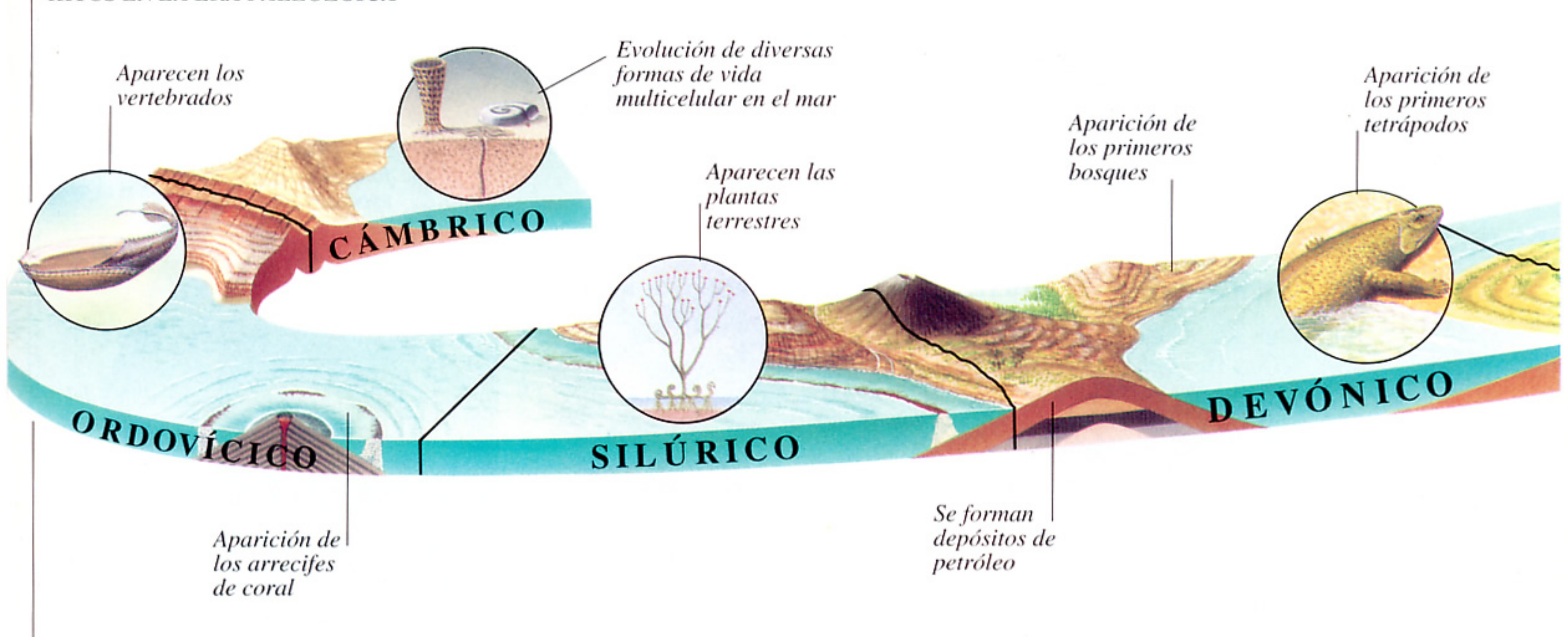


CONCHA DE UN MOLUSCO NAUTILOIDE ORDOVÍCICO *(Cooksonia hemisphaerica)*



PLANTA TERRESTRE SILÚRICO TARDÍO

HITOS EN LA ERA PALEOZOICA



Impronta de hoja

Diseño espiral

CORTEZA DE LICOPODIO CARBONÍFERO
(Lepidodendron sp.)

UBICACION DE LAS MASAS TERRESTRES ACTUALES EN EL ORDOVÍCICO MEDIO

Groenlandia
Siberia
China
Norteamérica
Australia
Antártica
Sudamérica
Sudáfrica
India
África
Escandinavia
Noreste de África
Europa
Asia Central

Cuenca orbital
Maxilar
Cráneo
Fosa nasal
Cavidad subtemporal
Maxilar superior
Canino

CRÁNEO DE REPTIL SINÁPTICO PÉRMICO TEMPRANO

Extinciones masivas

Formación del Pangea

Aparición de los primeros insectos alados

PÉRMICO

CARBONÍFERO

Surgen bosques formadores de carbón

Aparecen los primeros reptiles que se conocen

Diente juvenil

Diente adulto

DIENTES DE TIBURON PÉRMICO
(Helicoprion bessonowi)

Era Mesozoica



VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

LA ERA MESOZOICA (hace 248 - 65 millones de años) se inició con las masas de tierra todavía juntas, llamado el supercontinente Pangea. Un clima cálido a moderado facilitó la propagación de reptiles de sangre fría, y durante el Período Triásico (hace 248 - 208 millones de años) hubo una gran cantidad de grupos de reptiles que evolucionaron, para posteriormente extinguirse. Grupos que duraron más tiempo, como las tortugas, cocodrilos, pterosaurios, ictiosaurios, y dinosaurios aparecieron durante el Período Triásico Tardío. Durante este período aparecieron también los mamíferos que permanecieron sin mayor desarrollo por casi cerca de 140 millones de años debido a sus predadores y reptiles mayores. En el Período Jurásico (hace 208 - 144 millones de años), grandes movimientos geológicos hicieron que la Pangea se dividiera convirtiéndose en el principio de los actuales continentes. Las plantas con flor tuvieron su apogeo durante el Período Cretácico (hace 144 - 65 millones de años). El fin de la Era Mesozoica fue marcado por la extinción masiva de los dinosaurios, pterosaurios, grandes reptiles marinos y muchos otros animales. Una de las explicaciones posibles es un inmenso cráter dejado por un asteroide que cayó en México hace 65 millones de años. El polvo provocado por la explosión puede haber ocasionado condiciones invernales en todo el planeta, que muchos de los animales mayores no pudieron resistir.



CICA MODERNA
(Cycas revoluta)

Aparecen las aves

Aparecen las cicadáceas

Diversidad de dinosaurios posterior a los cambios geológicos de la Pangea

Aparecen las coníferas

CRETÁCICO

Aumentan los depósitos de gas y petróleo

Aparecen las plantas con flor

Hace 65 millones de años

Ocurren grandes formaciones de montañas

Se extinguen los dinosaurios

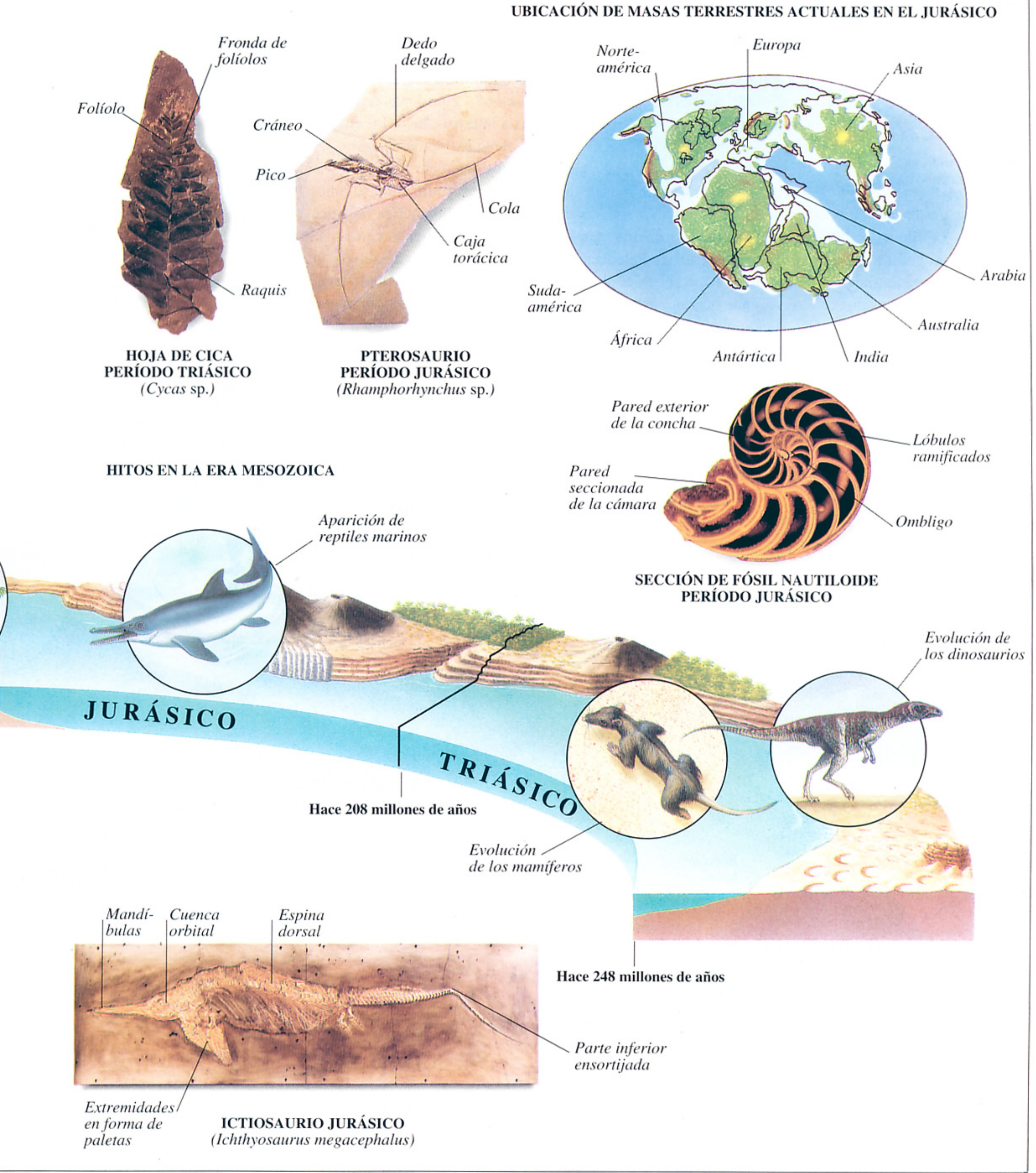
Articulación de la mandíbula

Cuenca orbital

Hocico

Fosa nasal

ANFIBIO TRIÁSICO
(Benthosuchus sp.)



UBICACIÓN DE MASAS TERRESTRES ACTUALES EN EL JURÁSICO
Norte-
américa
Europa
Asia
Arabia
Suda-
américa
África
Antártica
India
Australia
Fronda de
folíolos
Folíolo
Raquis
HOJA DE CICA
PERÍODO TRIÁSICO
(Cycas sp.)
Dedo
delgado
Cráneo
Pico
Cola
Caja
torácica
PTEROSAURIO
PERÍODO JURÁSICO
(Rhamphorhynchus sp.)
Pared exterior
de la concha
Lóbulos
ramificados
Pared
seccionada
de la cámara
Ombligo
SECCIÓN DE FÓSIL NAUTILOIDE
PERÍODO JURÁSICO
HITOS EN LA ERA MESOZOICA
Aparición de
reptiles marinos
JURÁSICO
TRIÁSICO
Hace 208 millones de años
Evolución de
los dinosaurios
Evolución
de los mamíferos
Hace 248 millones de años
Mandí-
bulas
Cuenca
orbital
Espina
dorsal
Parte inferior
ensortijada
Extremidades
en forma de
paletas
ICTIOSAURIO JURÁSICO
(Ichthyosaurus megacephalus)

Era Cenozoica



VISTA GENERAL DE LA PREHISTORIA

La Era Cenozoica abarca los últimos 65 millones de años, y comprende dos períodos, el Terciario (hace 65 - 2 millones de años) y el Cuaternario (hace 2 millones de años hasta nuestros días), los cuales a su vez se subdividen en épocas. Después de la extinción de los dinosaurios y de los grandes reptiles marinos, los mamíferos se multiplicaron y se expandieron en sus territorios. Entre ellos, algunos grupos se desplazaron únicamente hacia los nuevos y aislados continentes de Sudamérica (isla de unos 73 - 3 millones de años), y Australia. Los primeros mamíferos eran muy pequeños y no existió ninguno más grande que una rata antes de la Época Paleoceno (hace 65 - 53 millones de años). Durante el Eoceno (hace 53 - 36,5 millones de años), evolucionaron las ballenas y los caballos, aunque estos últimos no eran más grande que un zorro. En el Oligoceno (hace 36,5 - 23 millones de años) aparecieron los pastizales, dando nuevas oportunidades a los mamíferos hervíboros y a sus predadores. Las praderas aumentaron durante el Mioceno (hace 23 - 5,3 millones de años) y el Plioceno (hace 5,3 - 2 millones de años). La primera época del período Cuaternario fue la Época Pleistoceno (hace 2 millones - 10.000 años), durante la cual una serie de fenómenos glaciares se desarrollaron en el Hemisferio Norte. La Época Holoceno, en la cual vivimos actualmente, no es más que un período cálido pasajero antes de una próxima glaciación.



CONCHA DE MOLUSCO ÉPOCA PLIOCENO
(Ecphora quadricostata)

Aparecen las ballenas (Ej. Basilosaurus)

Aparecen los caballos (Ej. Hyracotherium)

Se empiezan a formar los Himalayas

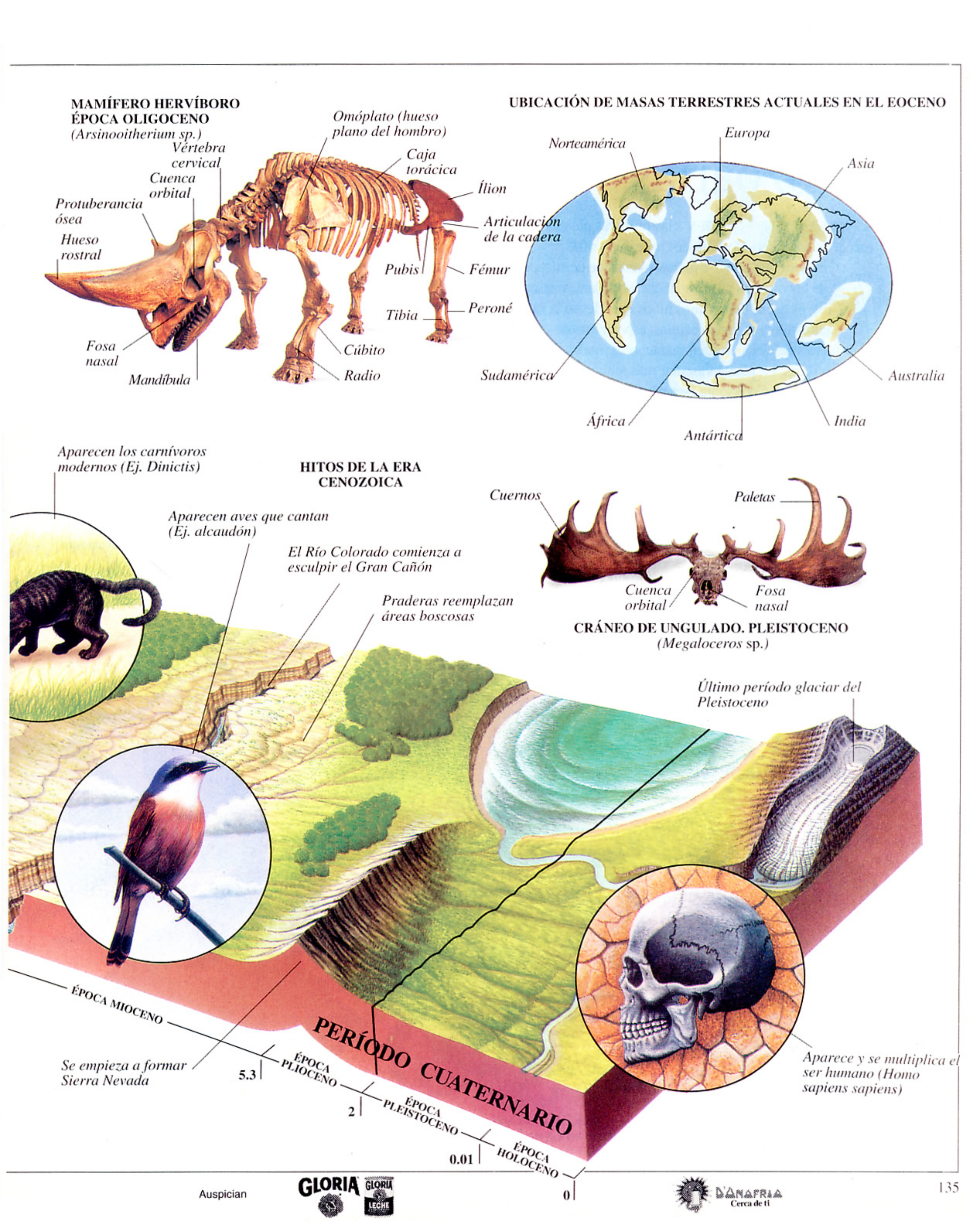
65
ÉPOCA PALEOCENO
53
ÉPOCA EOCENO
36,5
ÉPOCA OLIGOCENO
23
TERCIARIO

Fósil de carbón café
Roca de barro
Nervadura simple
Borde de hojas dentadas

HOJAS DE ABEDUL. ÉPOCA MIOCENO

Cráneo
Hueso postorbital
Hueso occipital
Órbita
Fosa nasal
Maxilar
Canino
Proceso retroarticular
Arco cigomático
Mandíbula

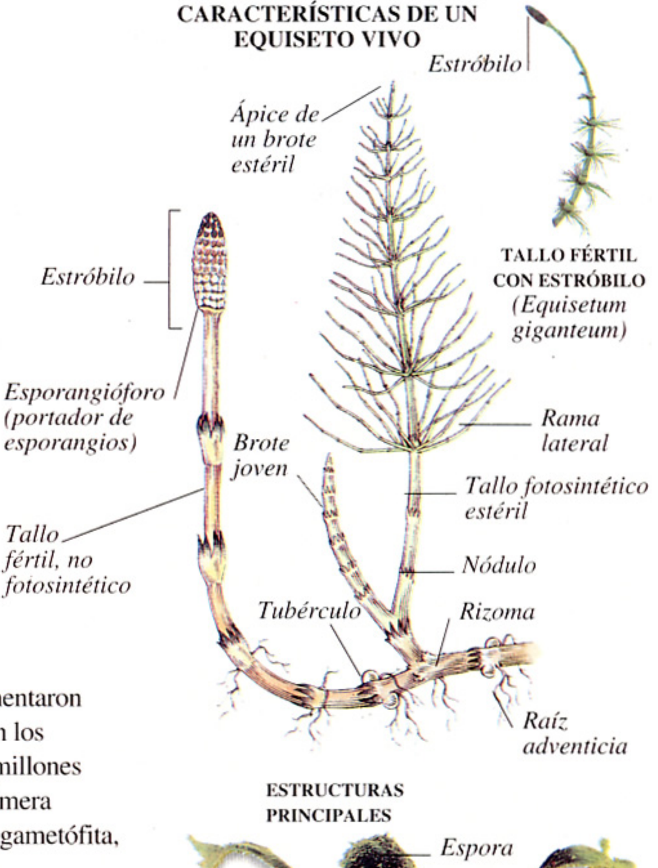
CRÁNEO DE PRIMATE OLIGOCENO
(Aegyptopithecus sp.)


MAMÍFERO HERVÍBORO
ÉPOCA OLIGOCENO
(Arsinooitherium sp.)
Vértebra cervical
Cuenca orbital
Protuberancia ósea
Hueso rostral
Omóplato (hueso plano del hombro)
Caja torácica
Ílion
Articulación de la cadera
Pubis
Fémur
Tibia
Peroné
Cúbito
Radio
Fosa nasal
Mandíbula
UBICACIÓN DE MASAS TERRESTRES ACTUALES EN EL EOCENO
Norteamérica
Europa
Asia
Sudamérica
Australia
África
Antártica
India
Aparecen los carnívoros modernos (Ej. Dinictis)
HITOS DE LA ERA CENOZOICA
Aparecen aves que cantan (Ej. alcaudón)
El Río Colorado comienza a esculpir el Gran Cañón
Praderas reemplazan áreas boscosas
Cuernos
Paletas
Cuenca orbital
Fosa nasal
CRÁNEO DE UNGULADO. PLEISTOCENO
(Megaloceros sp.)
Último período glaciar del Pleistoceno
ÉPOCA MIOCENO
Se empieza a formar Sierra Nevada
5.3
ÉPOCA PLIOCENO
2
ÉPOCA PLEISTOCENO
0.01
ÉPOCA HOLOCENO
0
PERÍODO CUATERNARIO
Aparece y se multiplica el ser humano (Homo sapiens sapiens)

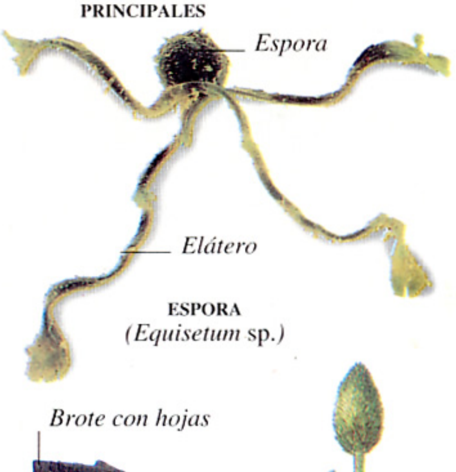
Plantas Esporozoarias

LAS ALGAS DIERON ORIGEN a las primeras plantas esporozoarias en el Período Silúrico (hace 438 - 408 millones de años). Muchas plantas de tierra, además de los musgos y las hepáticas, son plantas vasculares; es decir, tienen unos tubos que llevan la savia, sus estambres tienen células especialmente fuertes que les permiten mantenerse rígidas en tierras secas. La planta vascular más antigua que se conoce es la Cooksonia (ver pág 130), de hace 422 millones de años. Durante los 30 millones de años siguientes, evolucionaron nuevas formas de plantas, incluyendo la Aglaophyton, del Período Devónico. El Equiseto (correhuela), el helecho y el licopodio, aparecieron durante el Período Devónico (hace 408 - 360 millones de años) y se les conoce como pteridófitas. Las pteridófitas aumentaron paulatinamente de tamaño, y los helechos y licopodios más grandes se dieron en los pantanos formadores de carbón durante el Carbonífero Tardío (hace 320 - 286 millones de años). Todas las plantas esporozoarias se reproducen en dos etapas. En la primera etapa, las plantas (el esporófito) producen esporas, las cuales crecen en la etapa gametófita, durante la cual aparecen las células sexuales femeninas y masculinas (gametos). El gameto masculino fertiliza al femenino, dando origen a un nuevo esporofito. En las formas heterósporas, tales como el licopodio Selaginella, el esporófito produce esporas de dos tipos. La espora masculina (micróspora) y la espora femenina (megáspora) dan origen a dos diferentes gametófitos. La fertilización, entonces, da origen al desarrollo de un nuevo esporófito.

AGLAOPHYTON

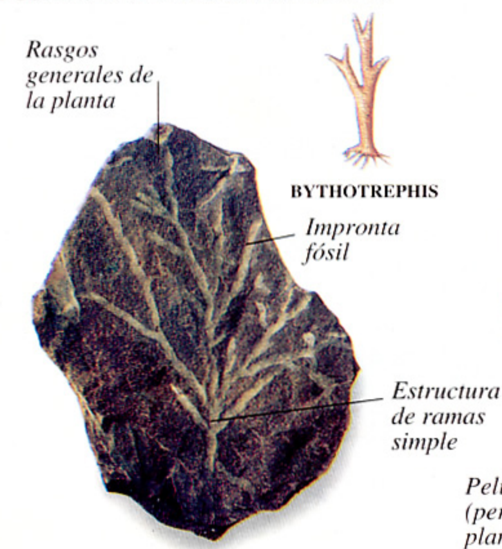


ESTRUCTURAS PRINCIPALES



ESPORA
(Equisetum sp.)

FÓSILES DE PLANTAS PRIMITIVAS



ALGA PARDA DEL SILÚRICO TARDÍO
(Bythotrephis gracilis)



UNA HEPÁTICA DEL MESOZOICO
(Hexagonocaulon minutum)



EQUISETO GIGANTE. CARBONÍFERO TARDÍO
(Asterophyllites equisetiformis)

MICROFOTOGRAFÍAS DE ESPORAS FÓSILES Y VIVAS DE HELECHO

ESPORA DE UN HELECHO TERCIARIO
(Cyatheacidites annulata)

ESPORA DE UN HELECHO MESOZOICO
(Matonia braunii)

ESPORA DE UN HELECHO VIVO
(Matonia pectinata)

Epidermis (capa externa)

ESPORA DE UN HELECHO VIVO
(Matonia pectinata var. *foxworthyi)*

ESPORANGIO DE UN HELECHO VIVO
(Pronephrium asperum)

CARACTERÍSTICAS DE UN LICOPODIO GIGANTE CARBONÍFERO (*Lepidodendron* sp.)

Ramas

Hojas

Cono

Base hinchada de la hoja

Tronco, hasta 12 metros

Cortex (tejido rígido que sostiene al árbol)

Base hinchada

Tejido vascular

CORTE DE TALLO MOSTRANDO LA ESTRUCTURA VASCULAR

Raíz fina y corte

Rizoide (genera las raíces)

ESTRUCTURA COMPLETA DE UN ÁRBOL

Base de greda y hierro

Fósil tridimensional

CONO FÓSIL
(ubicado en *Lepidostrobus*)

CICLO DE VIDA DE UN LICOPODIO HETERÓSPORO
(Selaginella sp.)

Microsporangio

Esporófito

Megasporangia

DESAROLLO DE ESPORANGIOS EN EL CONO

Esporófilo

Micro-sporangio

Micrósporas (esporas masculinas)

LIBERACIÓN DE MICRÓSPORAS

Megáspora (espora femenina)

Esporofilo

Megasporangia

LIBERACIÓN DE MEGÁSPORAS

Liberación gametos vasculares

Gameto vascular

MICRÓSPORA SE ABRE

Gametófito femenino

Gametófito masculino entra el arquegonio (órgano sexual femenino)

Pared de megáspora

FERTILIZACIÓN

Embrión

DESARROLLO DEL EMBRIÓN

Esporófito

Gametófito femenino

Restos de megáspora

DESARROLLO DE UN NUEVO ESPRÓFITO

Gimnospermas

Las gimnospermas son plantas productoras de semillas pero que no florecen. En un ciclo de vida típico de una gimnosperma, el polen es transportado por el viento al óvulo, donde libera el gameto masculino (esperma) que fertiliza el huevo. Existe una variedad de formas mediante las cuales el gameto masculino llega al huevo; en las cicadáceas, un pequeño tubo de polen precede al largo tubo de polen de las coníferas y plantas de flores. El gameto masculino de las cicadáceas tiene movilidad (puede nadar) y logra así completar su trayecto. Las primeras gimnospermas fueron las semillas de helechos, que aparecieron en el Período Devónico (hace 408 - 360 millones de años) y murieron durante la Era Mesozoica. Las cicadáceas aparecieron durante el Período Pérmico (hace 286 - 248 millones de años); algunas especies aún sobreviven diseminadas en regiones tropicales y de temperaturas cálidas. Los ginkos o culantrillos se distribuyeron por todo el mundo durante la Era Mesozoica, pero la única especie sobreviviente crece (como planta silvestre) sólo en una pequeña parte de China. Las coníferas tienen el récord de ser los fósiles más antiguos de todas las gimnospermas, su récord de mayor antigüedad se remonta al Carbonífero Tardío (hace 320 - 286 millones de años). Las coníferas se diversificaron durante el Período Pérmico y continuaron durante la Era Mesozoica. Aunque las plantas de flores las relegaron fuera de muchos hábitats, aún hoy las coníferas dominan extensas áreas de vegetación del mundo.

SEMILLAS DE UN HELECHO DEL CARBONÍFERO
(Trigonocarpus adamsi)

Nervadura de la superficie de la semilla

TRIGONOCARPUS

Superficie estriada

SECCIÓN DE CONOS DE PINO VIVO
(Pinus silvestris)

Microsporangio (estructura en la cual forman los granos de polen)

Microsporófilo (hoja modificada que lleva los microsporangios)

Escama fructífera (estructura que contiene la nucela)

Escama de la bráctea

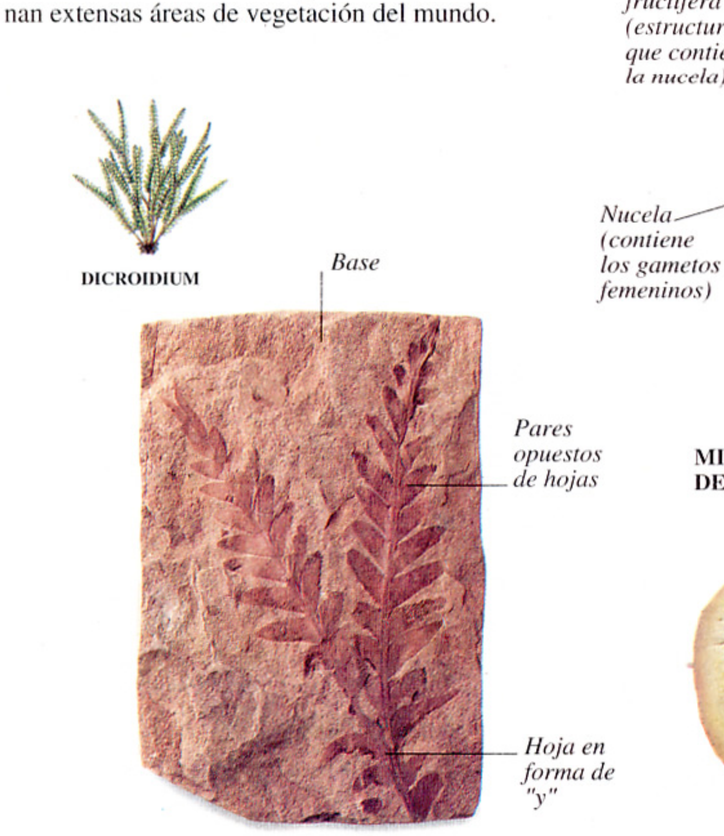
Nucela (contiene los gametos femeninos)

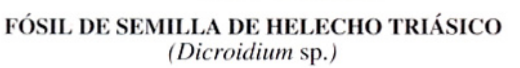
Eje del cono

Escama de la hoja

CONO FEMENINO DE DOS AÑOS

CONO MASCULINO JOVEN





FÓSIL DE SEMILLA DE HELECHO TRIÁSICO
(Dicroidium sp.)

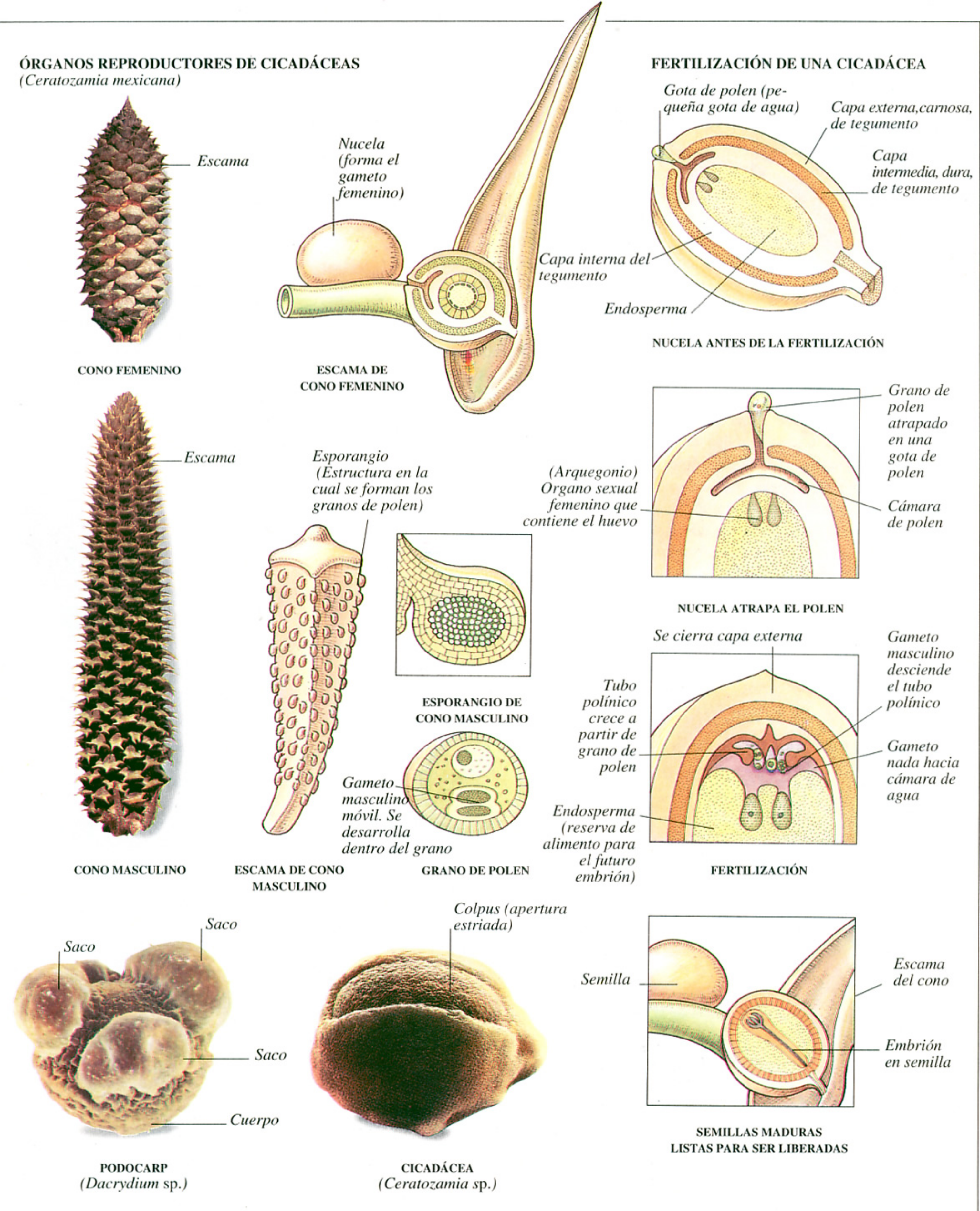
MICROFOTOGRAFÍAS DE GRANOS DE POLEN DE GIMNOSPERMAS VIVOS

Papila

Escama (pared externa de un grano de polen)

CULANTRILLO O GINKGO
(Ginkgo biloba)

CEDRO JAPONÉS
(Cryptomeria japonica)

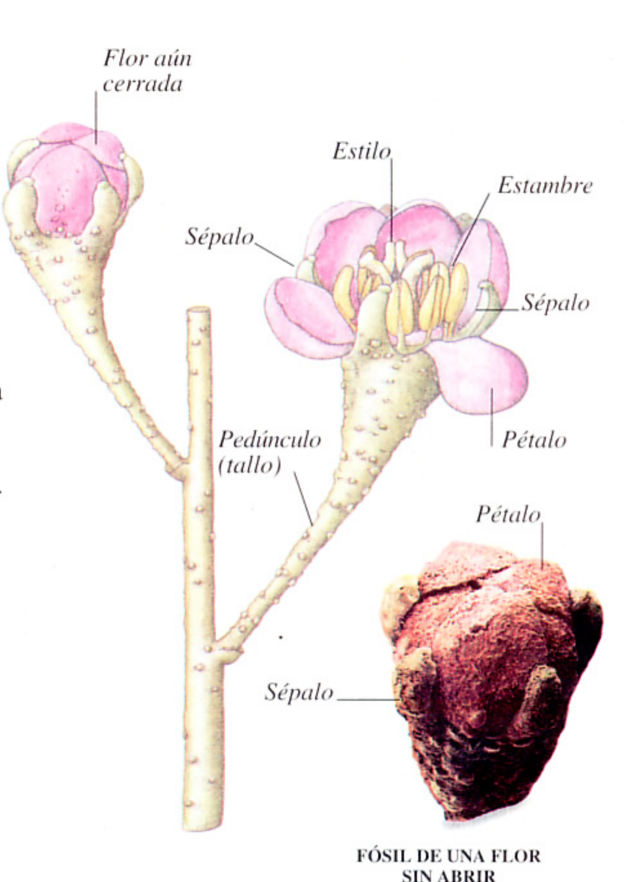

ÓRGANOS REPRODUCTORES DE CICADÁCEAS
(Ceratozamia mexicana)
Escama
CONO FEMENINO
Nucela (forma el gameto femenino)
Capa interna del tegumento
ESCAMA DE CONO FEMENINO
FERTILIZACIÓN DE UNA CICADÁCEA
Gota de polen (pequeña gota de agua)
Capa externa, carnosa, de tegumento
Capa intermedia, dura, de tegumento
Endosperma
NUCELA ANTES DE LA FERTILIZACIÓN
Escama
Esporangio (Estructura en la cual se forman los granos de polen)
Grano de polen atrapado en una gota de polen
(Arquegonio) Organo sexual femenino que contiene el huevo
Cámara de polen
NUCELA ATRAPA EL POLEN
ESPORANGIO DE CONO MASCULINO
Se cierra capa externa
Gameto masculino desciende el tubo polínico
Tubo polínico crece a partir de grano de polen
Gameto nada hacia cámara de agua
Gameto masculino móvil. Se desarrolla dentro del grano
Endosperma (reserva de alimento para el futuro embrión)
CONO MASCULINO
ESCAMA DE CONO MASCULINO
GRANO DE POLEN
FERTILIZACIÓN
Saco
Saco
Saco
Cuerpo
Colpus (apertura estriada)
Semilla
Escama del cono
Embrión en semilla
PODOCARP
(Dacrydium sp.)
CICADÁCEA
(Ceratozamia sp.)
SEMILLAS MADURAS LISTAS PARA SER LIBERADAS

Plantas con flores

POLEN GERMINANDO DE UNA AMAPOLA

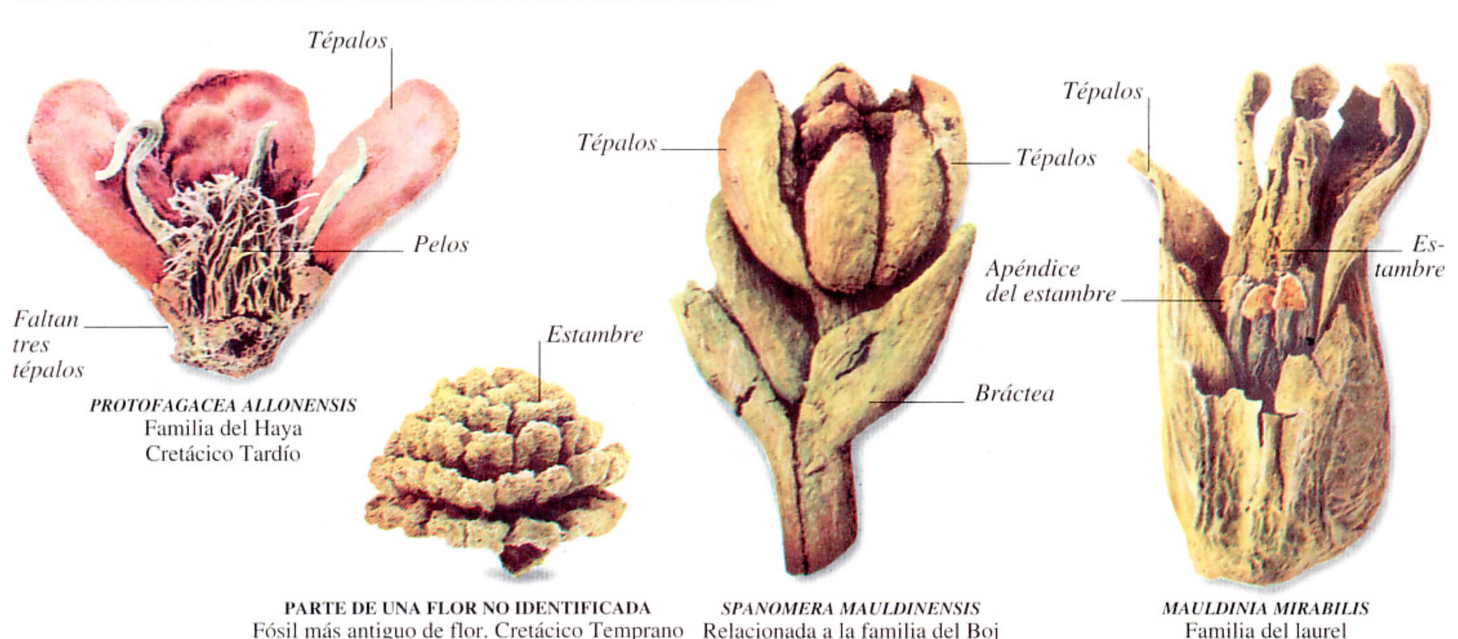
LAS PLANTAS CON FLORES (ANGIOSPERMAS) se diversificaron rápidamente a mediados del Cretácico, hace unos 100 millones de años, hasta convertirse en el grupo dominante de la flora del planeta. Es difícil definir la flores, pero existen dos características que son comunes a casi todas las angiospermas: el óvulo (semilla) que se encuentra dentro de un ovario (fruto), y la existencia de un doble proceso de fertilización. Dos gametos masculinos son llevados a través del tubo polínico a un mismo óvulo, uno para fertilizar el óvulo, y el otro para el elemento que lo rodea, que se convierte en nutriente para la semilla. Las primeras familias angiospermas están tal vez relacionadas con los modernos laureles y magnolias, pero aquéllas tenían flores más simples y eran de menor tamaño. Luego del inicio de la gran diversificación, hace unos 95 millones de años, ya existían parientes de los modernos avellanos, rosas y lilium. La división de las angiospermas dicotiledóneas (con dos hojas embrionarias) y monocotiledóneas habría ocurrido durante el Cretácico temprano. Las dicotiledóneas son el grupo mayor (con unas 250 familias vivas), e incluyen todas las flores fósiles y granos de polen mostrados aquí. Las monocotiledóneas (con 50 familias vivas) incluyen palmas, plantas de bulbos, y pastos. Los pastos se extendieron por todo el mundo durante el Período Terciario (hace 65 - 2 millones de años) y ya en la Epoca Mioceno (hace 23 - 5,3 millones de años) los pastizales conformaban uno de los grandes ecosistemas del mundo.

RECONSTITUCIÓN DE UNA FLOR DEL CRETÁCICO TARDÍO
(Silvianthemum suecicum)



FÓSIL DE UNA FLOR SIN ABRIR
Hace 80 millones de años

MICROFOTOGRAFÍAS DE UNA FLOR FOSILIZADA DEL CRETÁCICO



PROTOFAGACEA ALLONENSIS
Familia del Haya
Cretácico Tardío

PARTE DE UNA FLOR NO IDENTIFICADA
Fósil más antiguo de flor. Cretácico Temprano (hace 120 millones de años)

SPANOMERA MAULDINENSIS
Relacionada a la familia del Boj
Cretácico Medio

MAULDINIA MIRABILIS
Familia del laurel
Cretácico Tardío

VAINAS DE PASTO FOSILIZADAS MIOCENO TARDÍO

Parte superior de la vaina
Bráctea externa
Brác-tea interna
Pelos
Base de la vaina

BERRIOCHLOA PRIMAEVA
Pastos

Base de la vaina
Superficie textura rugosa
Parte superior de la vaina
Punto del enlace

BERRIOCHLOA COMMUNIS
Pastos

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE UNA PLANTA CON FLOR

Estigma
Estilo
Antera
Pétalo
Filamento
Ovario
Óvulo
Tallo de la flor

Lóculo
Granos de polen

SECCIÓN DE LA ANTERA

Polen
Estigma
Tubo polínico
2º gameto masculino
1er gameto masculino
Núcleo del tubo polínico

GERMINACIÓN DE GRANOS DE POLEN

Tubo polínico
2º gameto masculino se une al núcleo polar para formar el endosperma
Se une el 1er gameto masculino con el óvulo para formar el embrión

GAMETO MASCULINO VIAJA POR TUBO POLÍNICO

FERTILIZACIÓN

Embrión de planta
Endosperma (reserva de alimento)
Restos de estilo
Pared del ovario
Semilla

DESARROLLO DEL EMBRIÓN

SEMILLA MADURA

MICROFOTOGRAFÍAS DE GRANOS DE POLEN FOSILIZADOS

Grano aplastado por la presión geológica
Superficie reticulada

COUPERITES MAULDINENSIS
Familia de laurel, no identificado
Cretácico Medio

Vista ecuatorial del grano (lado)

POLYCOLPITES CLAVATUS
Familia de Margarita no identificado
Terciario (Eoceno)

Vista ecuatorial

SPANOMERA MAULDINENSIS
Familia del Boj
Cretácico Medio

Vista polar

PLATANANTHUS HUEBERI
Familia del Plátano
Cretácico Tardío

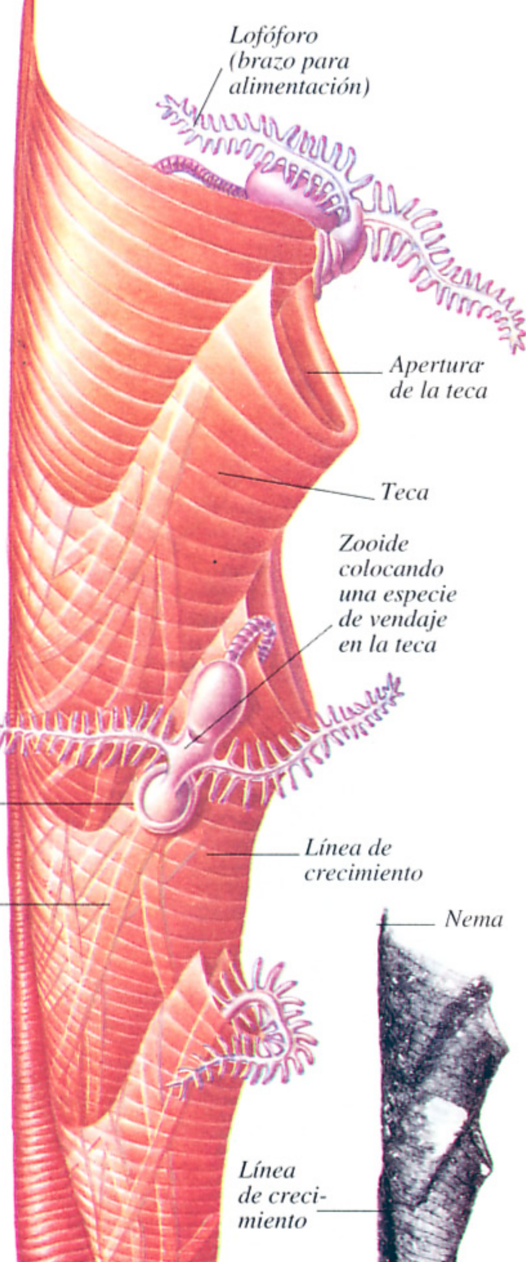
Primeros invertebrados

LA GRAN EXPLOSIÓN EVOLUTIVA DEL PERÍODO CÁMBRICO (hace 550 - 505 millones de años) dio origen a una inmensa diversificación de invertebrados – animales sin columna vertebral. Todas especies acuáticas, muchas de ellas con esqueletos externos para soportar y proteger sus cuerpos suaves y vulnerables. Entre éstas estaban las esponjas: animales acuáticos sedentarios, con cuerpos de estructuras simples como una bolsa, formado por múltiples células. Los cnidarios (o celentéreos), por ejemplo los corales y anémonas de mar, eran más avanzados, poseían tentáculos urticantes para llevar su presa hacia la boca. Los graptolitos era un grupo de organismos coloniales similares a los gusanos, que vivieron desde el período Cámbrico hasta el Carbonífero (hace 550 - 320 millones de años). Los científicos podrían reclasificar un grupo vivo del mismo tipo (los pterobranquios) como graptolitos, en cuyo caso dejarían ya de considerarse extinguidos. Una colonia de graptolitos estaba constituida por muchos individuos (zooides), cada uno de ellos construía una especie de "copa" de protección (teca). Las hileras de "copas" acumuladas formaba un fósil de orillas dentadas. La *hallucigenia,* un extraño tipo de gusano morado, fue uno de los animales descubiertos en el Burgess Shale en Canadá, que data de 530 millones de años. Tenía siete pares de espinas y siete pares de patas. Los poliquetos, tales como la *sérpula* y la *rotularia* son anélidos, es decir, gusanos con el cuerpo formado por muchos segmentos. Los briozoarios son pequeños animales cuyas colonias crecen planas o bien hacia arriba formando ramas como un árbol.



HALLUCIGENIA

RECONSTRUCCIÓN DE UNA COLONIA DE GRAPTOLITOS



FÓSIL DE UN GRAPTOLITO SILÚRICO (*Monograptus* sp.)

ETAPA INICIAL DE CRECIMIENTO DE UN GRAPTOLITO

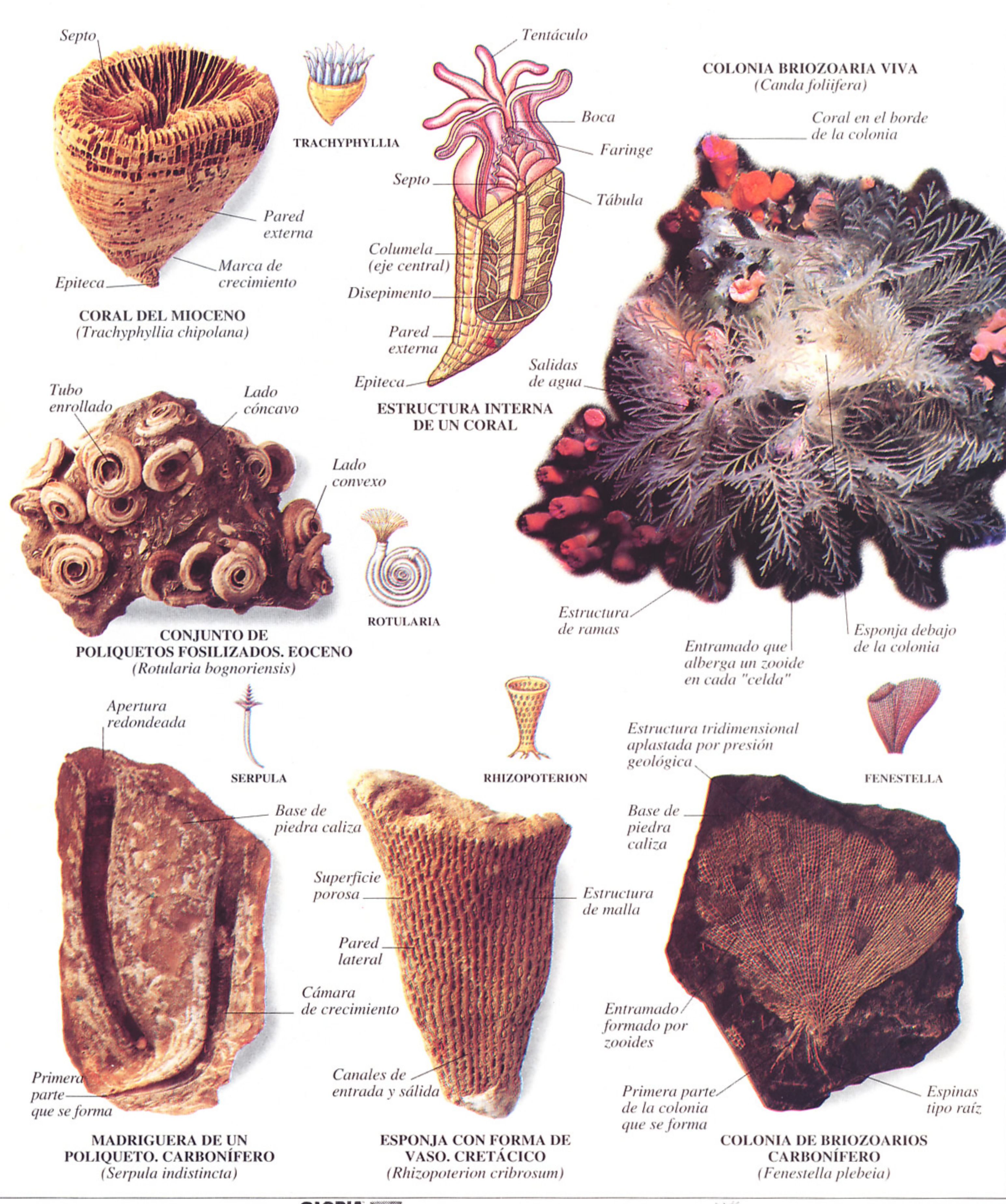


GRAPTOLITO DEL ORDOVICICO (*Amplexograptus maxwelli*)

Líneas de crecimiento

Vendaje

MUESTRA AMPLIADA DE UNA TECA



Septo
Pared externa
Epiteca
Marca de crecimiento
CORAL DEL MIOCENO
(Trachyphyllia chipolana)
TRACHYPHYLLIA
Tentáculo
Boca
Faringe
Septo
Tábula
Columela (eje central)
Disepimento
Pared externa
Epiteca
ESTRUCTURA INTERNA DE UN CORAL
COLONIA BRIOZOARIA VIVA
(Canda foliifera)
Coral en el borde de la colonia
Salidas de agua
Estructura de ramas
Entramado que alberga un zooide en cada "celda"
Esponja debajo de la colonia
Tubo enrollado
Lado cóncavo
Lado convexo
ROTULARIA
CONJUNTO DE POLIQUETOS FOSILIZADOS. EOCENO
(Rotularia bognoriensis)
Apertura redondeada
SERPULA
Base de piedra caliza
Cámara de crecimiento
Primera parte que se forma
MADRIGUERA DE UN POLIQUETO. CARBONÍFERO
(Serpula indistincta)
RHIZOPOTERION
Superficie porosa
Estructura de malla
Pared lateral
Canales de entrada y sálida
ESPONJA CON FORMA DE VASO. CRETÁCICO
(Rhizopoterion cribrosum)
Estructura tridimensional aplastada por presión geológica
FENESTELLA
Base de piedra caliza
Entramado formado por zooides
Primera parte de la colonia que se forma
Espinas tipo raíz
COLONIA DE BRIOZOARIOS CARBONÍFERO
(Fenestella plebeia)

Moluscos y braquiópodos



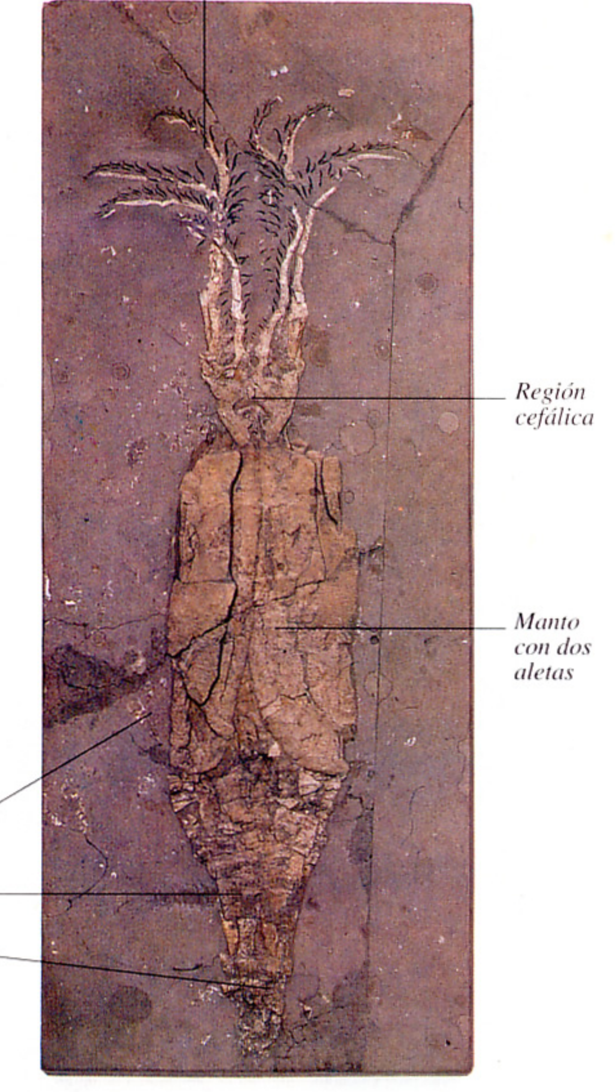
BELEMNOTEUTHIS

Los moluscos y los braquiópodos son dos grupos de invertebrados marinos, muchos de ellos con conchas, que aparecieron en el período Cámbrico Temprano (hace 550 - 530 millones de años). Los tres grupos más grandes son: los bivalvos, son acéfalos y poseen una concha dividida en dos, unida por una charnela (bisagra); los gasterópodos, tales como los caracoles, con una cabeza prominente y pie para la locomoción tipo ventosa; y los cefalópodos. Los cefalópodos tienen una gran cabeza, tentáculos y un sistema de propulsión que les permite lanzar un chorro de agua hacia adelante impulsándolo hacia atrás. Los cefalópodos prehistóricos incluían los ammonites, los nautiloides, y los belemnites, tipo pulpos, que no tenían conchas externas pero sí tenían un soporte interno, duro llamado fragmocono. Un cuarto grupo de moluscos, los quitones (del género típico chiton), parecidos a unos cochinillos habitaban la orilla del mar con conchas aplanadas formadas por capas superpuestas. Los braquiópodos abundaron durante el Paleozoico, pero sólo algunos sobreviven hoy. Son similares a los moluscos bivalvos, pero sus valvas no son idénticas en tamaño ni curvatura. Los braquiópodos viven en el fondo del mar, donde se anclan con un pedúnculo carnoso. Este pedúnculo pasa a través de un orificio en una proyección conocida como umbo, ubicada en la charnela de la valva mayor.

RECONSTRUCCIÓN DE UN AMMONITES

Septo
Cámaras de flotación
Extensión dorsal del manto
Capucha
Ojo
Mandíbula
Tentáculo
Salida de agua
Ingreso de agua
Hyponome
Áptico
Pliegue del manto
Branquia
Cavidad branquial
Órgano reproductivo
Ano
Estómago
Espiral

CARACTERÍSTICAS DE LOS CEFALÓPODOS



BELEMNITE JURÁSICO
(Belemnoteuthis antiqua)

Rafe
Protoconcha
Cámara interna
Protuberancia de la cámara

CONCHA DE AMMONITES JURÁSICA
(Asteroceras obtusum)

CARACTERÍSTICAS DE LOS QUITONES

Valva cefálica
Valva media
Valva media
Valva de la cola
Arco
Concha de ocho valvas

VALVAS DE UN QUITÓN FÓSIL

QUITÓN VIVO

Boca
Esófago posterior
Glándula salival
Páncreas
Cámara inhalación
Canal dorsal
Cámara exhalación
Arco
Parte posterior del intestino
Pliegue del arco
Corriente de exhalación
Ano

ANATOMÍA DE UN QUITÓN

CONCHAS DE BIVALVOS Y GASTERÓPODOS

Costillas
Costillas
Charnela
Surcos
Ligamento
Oído

VALVAS DE BIVALVOS DEL MIOCENO
(Pecten beudanti)

Espiral interno enrollado en forma regular
Espiral externo enrollado suelto
Espiral externo que alberga el cuerpo

CONCHA DE GASTERÓPODO SILÚRICO
(Platyceras haliotis)

CONCHAS BRAQUIÓPODAS

Valva del pedúnculo
Umbo
Valva braquial
Surco

CONCHA CON FORMA DE MARIPOSA. DEVÓNICO
(Mucrospirifer mucronata)

Umbo
Abertura en la cual el pedúnculo fijaba al braquiópodo en el fondo marino
Foramen
Valva con pedúnculo
Surcos de orillas agudas
Valva braquial
Pliegue

BRAQUIÓPODO DEL CRETÁCICO
(Cyclothyris difformis)

Foramen (orificio)
Umbo
Valva con pedúnculo
Valva braquial
Suave pliegue
Costillas delgadas

BRAQUIÓPODO DEL PLIOCENO
(Cancellothyris platys)

Equinodermos y artrópodos

LOS EQUINODERMOS Y ARTRÓPODOS son dos grupos, muy antiguos y resistentes de invertebrados marinos que desarrollaron esqueletos externos duros como una forma de protegerse de sus predadores. Ambos aparecieron durante el Precámbrico (hace 550 millones de años). Los equinodermos tienen una estructura que consiste en cinco partes que parten de una boca central. Algunos de ellos, como por ejemplo los erizos y las estrellas de mar, se desplazan mediante pies como pequeños tubos terminados en ventosas. Los crinoídeos, incluyen una estrella tipo pluma, que flota libremente, como asimismo los lirios de mar, estos últimos estacionarios, con brazos que salen a partir de un pedúnculo fijo. Los brazos son como plumas, con pínulas (pequeñas ramificaciones). Algunas de éstas tienen órganos para la reproducción, y todos poseen cilios (como pelos, usados para alimentarse). Los cilios recogen el alimento y lo llevan a través de un canal central hacia la boca. Los carpoídeos eran equinodermos primitivos que se extinguieron durante el Devónico, hace 400 millones de años. Los artrópodos son invertebrados cuyas patas tienen un tipo de articulación similar a la rodilla. Los primeros artrópodos incluyen a los trilobites, así llamados por su estructura dividida en tres segmentos, derecho, medio e izquierdo. También dentro del grupo de los artrópodos se encuentran los crustáceos, que incluyen los langostinos y las jaibas, los quelicerados, (escorpiones marinos, escorpiones, arañas), e insectos. Estos últimos constituyen por lo menos las tres cuartas partes de las especies animales.



CLYPEASTER

MAQUETA DE UN COTHURNOCYSTIS ELIZIAE. ORDOVÍCICO

ERIZO DE MAR. MIOCENO (*Coleopleurus paucituberculatus*)

PTEROCOMA PENNATA JURÁSICA

ANATOMÍA DE UNA PTEROCOMA PENNATA

PÍNULA PARA REPRODUCCIÓN DE UNA PTEROCOMA PENNATA

LIRIO DEL MAR. SILÚRICO
(Dimerocrinites icosidactylus)

Pínula
Corona
Boca
Placa radial
Placa basal
Base de piedra caliza
Raíz
Pedúnculo compuesto por discos de muchos segmentos

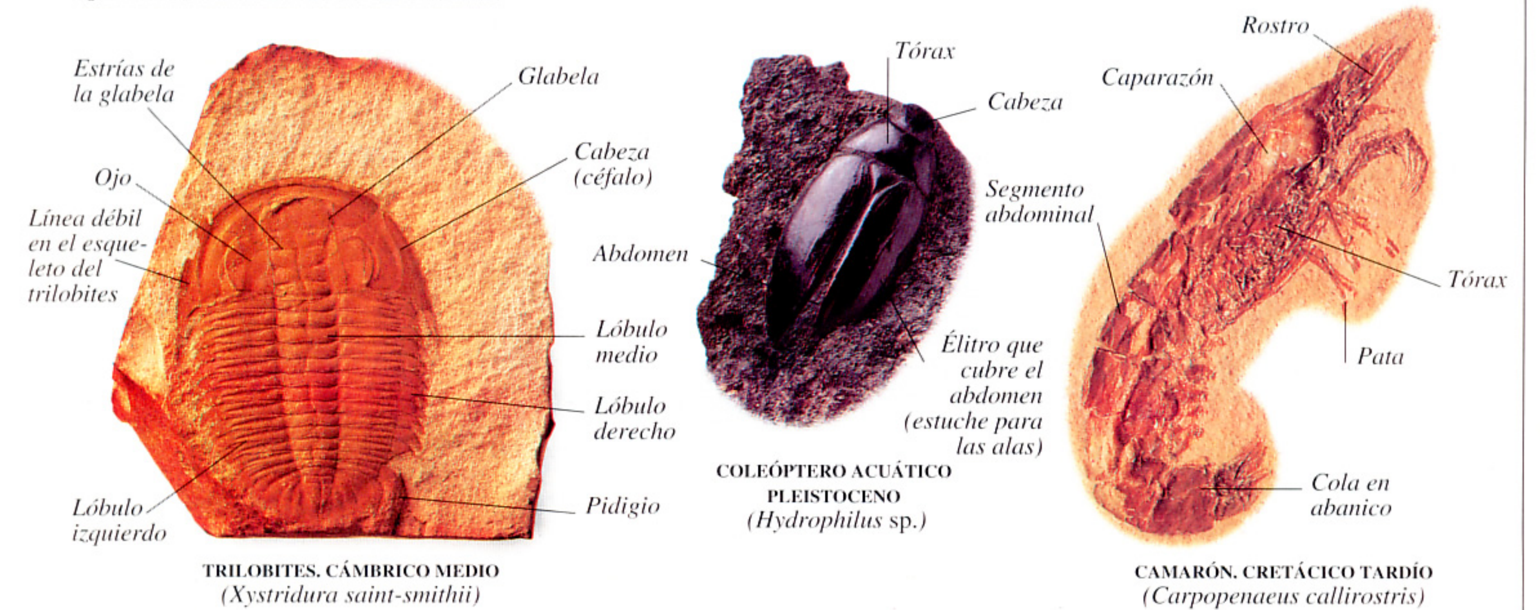
ESTRELLA DE MAR. JURÁSICO
(Pentasteria cotteswoldiae)

Superficie superior
Pequeños huesos marginales
Disco apical
Brazo
Base de piedra caliza fina

Órganos reproductores
Sistema digestivo
Huesos pequeños
Ampolla
Brazo
Ampolla
Tubo con agua
Parte inferior del tubo

ANATOMIA DE UNA ESTRELLA DE MAR

EJEMPLOS DE ARTRÓPODOS FÓSILES



TRILOBITES. CÁMBRICO MEDIO
(Xystridura saint-smithii)

COLEÓPTERO ACUÁTICO PLEISTOCENO
(Hydrophilus sp.)

CAMARÓN. CRETÁCICO TARDÍO
(Carpopenaeus callirostris)



Peces primitivos



LANCELET

Los peces fueron los primeros vertebrados. Evolucionaron durante el período Ordovícico (hace 505 - 438 millones de años) de pequeños animales marinos llamados cefalocordados. Estas criaturas aún hoy existen e incluyen el Anfioxo. Los primeros peces conocidos eran extremadamente pequeños, carecían de mandíbulas, tenían un cerebro complejo protegido por un cráneo. Sus cuerpos se sustentaban internamente mediante una espina dorsal formada por vértebras óseas. Estos peces desprovistos de mandíbulas se extinguieron durante el Carbonífero temprano, hace casi 340 millones de años, a excepción de algunas especies que dieron origen a las modernas lampreas y pez diablo. Las lampreas son parásitos que utilizando su boca se adhieren a otros peces y succionan su sangre. El grupo más grande dentro de los peces que carecían de maxilares fueron los aspidocéfalos, éstos fueron los primeros en tener aletas pectorales pares, lo que les permitía mantener el equilibrio. Un segundo tipo de peces primitivos, los placodermos, surgió durante el período Devónico. Fueron éstos los primeros peces en desarrollar mandíbulas (aunque muchos no poseían verdaderos dientes). Los placodermos tenían macizas placas óseas que les protegían la cabeza y la parte delantera del tronco. Su tamaño variaba entre 40 cms. de largo *(Bothriolepis)* y 15 cms., *(Pterichthyodes)*, hasta el enorme *Dunkleosteus*. Este monstruo de 9 metros tenía unas placas óseas serradas y fue el mayor predador de los mares en el Devónico Tardío.

EVOLUCIÓN DE LOS ESCUDOS CEFÁLICOS



TREMATASPIS



DIDYMASPIS



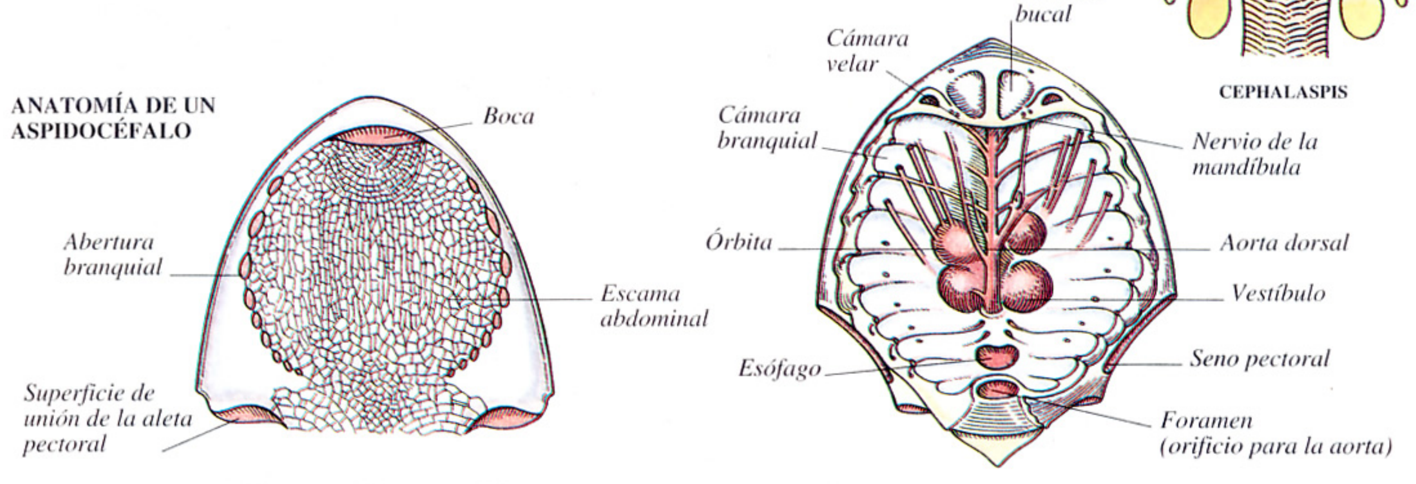
KIAERASPIS



THYESTES

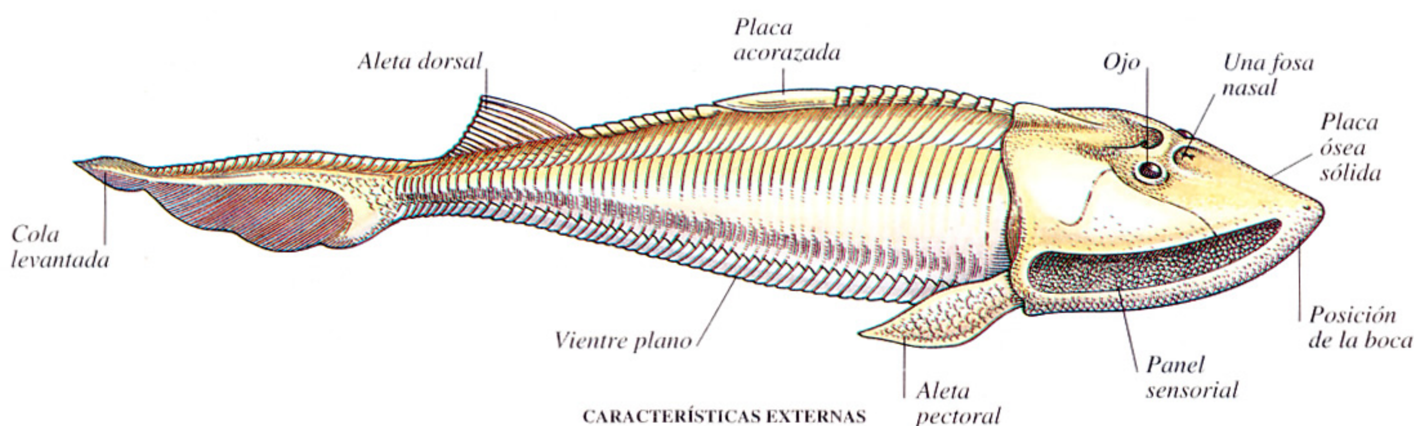
CEPHALASPIS

ANATOMÍA DE UN ASPIDOCÉFALO



PARTE INFERIOR DE LA CABEZA

ESTRUCTURA INTERNA DE LA CABEZA



CARACTERÍSTICAS EXTERNAS

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE UN LAMPREA VIVO

Aleta dorsal posterior

Aleta dorsal anterior

Opérculo

Ojo

Aleta caudal

Aleta anal

Ventosa

PECES ACORAZADOS DEVÓNICOS

Ojo

Boca

Labio externo

Labio interno irregular

Ventosa

Lengua

Diente

CABEZA DE UN LAMPREA

Órbita

Coraza cefálica

Apéndice pectoral

Coraza del tronco

FÓSIL DE UN ANTIARCH
(Bothriolepis canadensis)

BOTHRIOLEPIS

DUNKLEOSTEUS

Coraza cefálica

Apéndice pectoral

Coraza del tronco

FÓSIL DE UN PTERICHTHYODES MILLERI

PTERICHTHYODES

Placa dorsal media

Placa ósea central

Ojo

Placa post-orbital

Colmillo óseo

Placa ventral posterior lateral

Mandíbula serrada

Placa submarginal

Placa vertebral

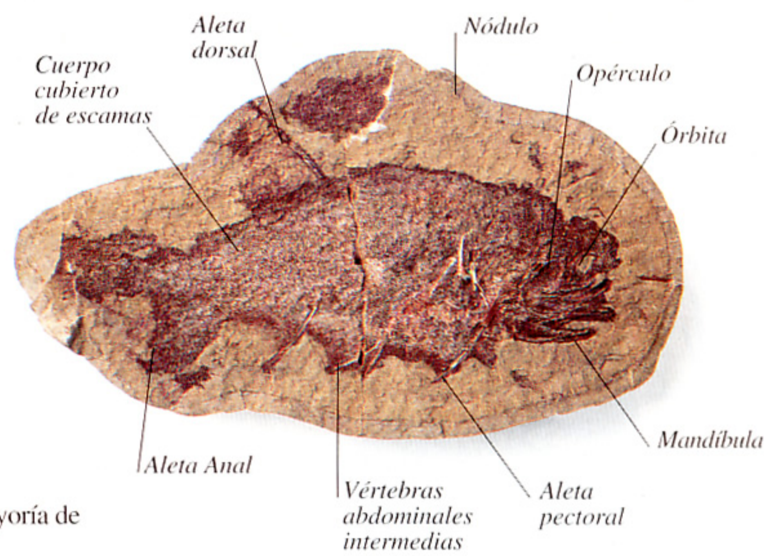
CABEZA FOSILIZADA DE UN PLACODERMO
(Dunkleosteus sp.)



El surgimiento de los peces modernos

A EXCEPCIÓN DE LOS PECES diablo y las lampreas, todos los peces vivientes se dividen en dos clases: Condrictios (peces cartilaginosos) y Osteictios (peces óseos). Ambas clases evolucionaron a partir de un solo antepasado en el período Silúrico Tardío, hace unos 410 millones de años. Ellos se diferencian de los peces primitivos (ver págs. 144 - 145) por la estructura de su maxilar, y por tener producción de dientes continua. Los Condrictios (tiburones, rayas y otros de su tipo) se caracterizan por su esqueleto cartilaginoso, escamas pequeñas y serradas y carencia de vejigas natatorias. Un ejemplo de éstos es el *Heliobatis*, del Eoceno Temprano. Los Osteictios, que comprende la mayoría de los peces vivientes, tienen esqueletos osificados, escamas superpuestas pequeñas, y vejiga natatoria llena de gas, para controlar la flotación. Se dividen en dos sub-clases: aletas carnosas y aletas radiales. Aquellos de aletas carnosas (también llamadas lóbulos) tienen lóbulos musculares que sostienen las aletas pélvicas y pectorales, y en algunos peces, incluyendo el *Panderichthys* y el *Eusthenopteron* del Devónico Tardío, se cree que empleaban éstas para abrirse camino en las aguas de poca profundidad. Los peces de aletas radiales, tales como el *Hoplopteryx* del Cretácico Tardío tienen aletas endurecidas por radios óseos. Los acantoideos o tiburones espinudos vivieron durante el Paleozoico y pueden tener alguna relación con los peces de esqueleto óseo. Sus aletas estaban protegidas por filudas espinas. Ejemplo de éstos es el *Cheiracanthus*, del Devónico.

TIBURÓN ESPINOSO DEVÓNICO
(Cheiracanthus sp.); largo: 30 cm.

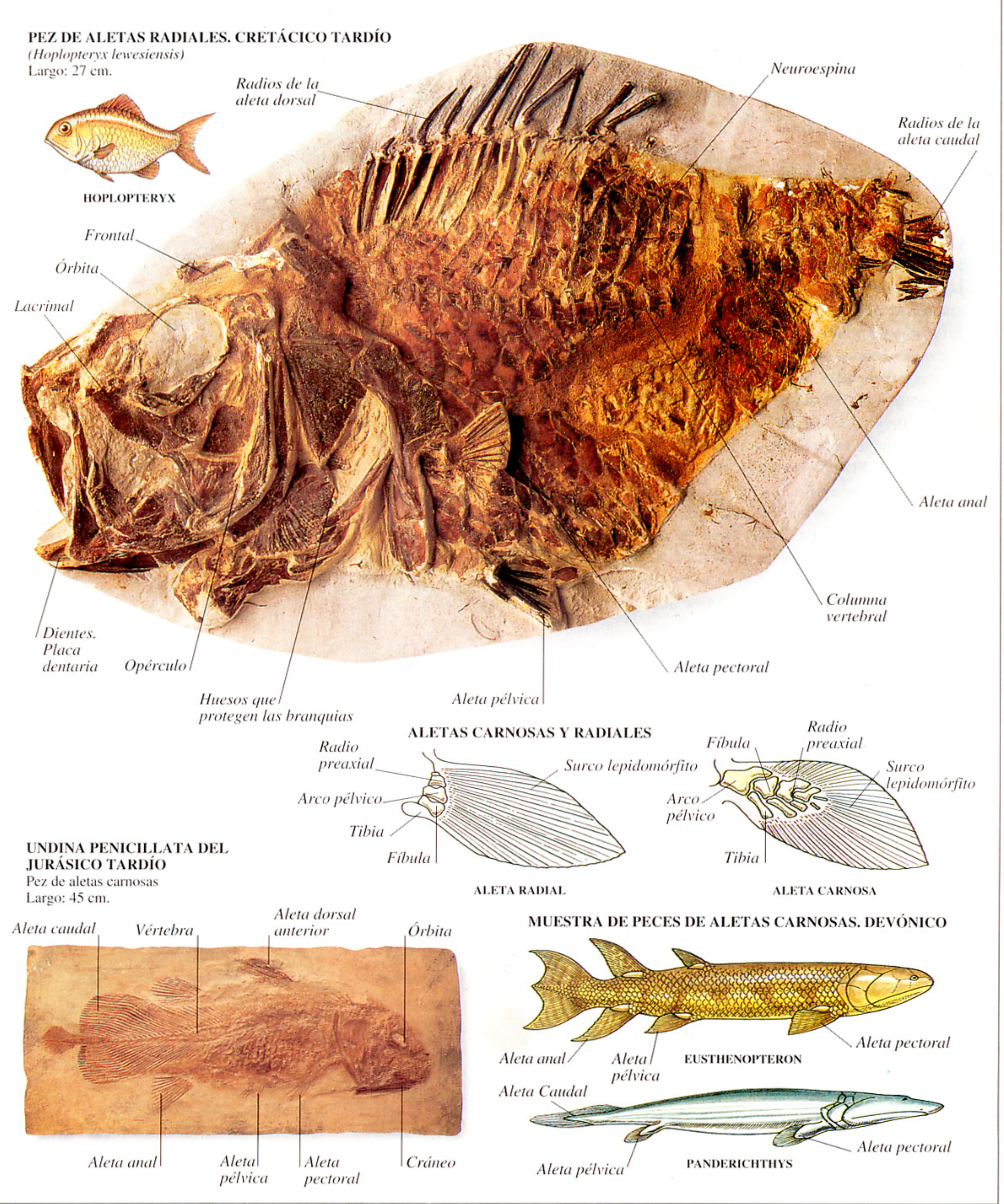


RAYA. EOCENO TEMPRANO
Pez cartilaginoso *(Heliobatis radians)*
Largo: 30 cm.



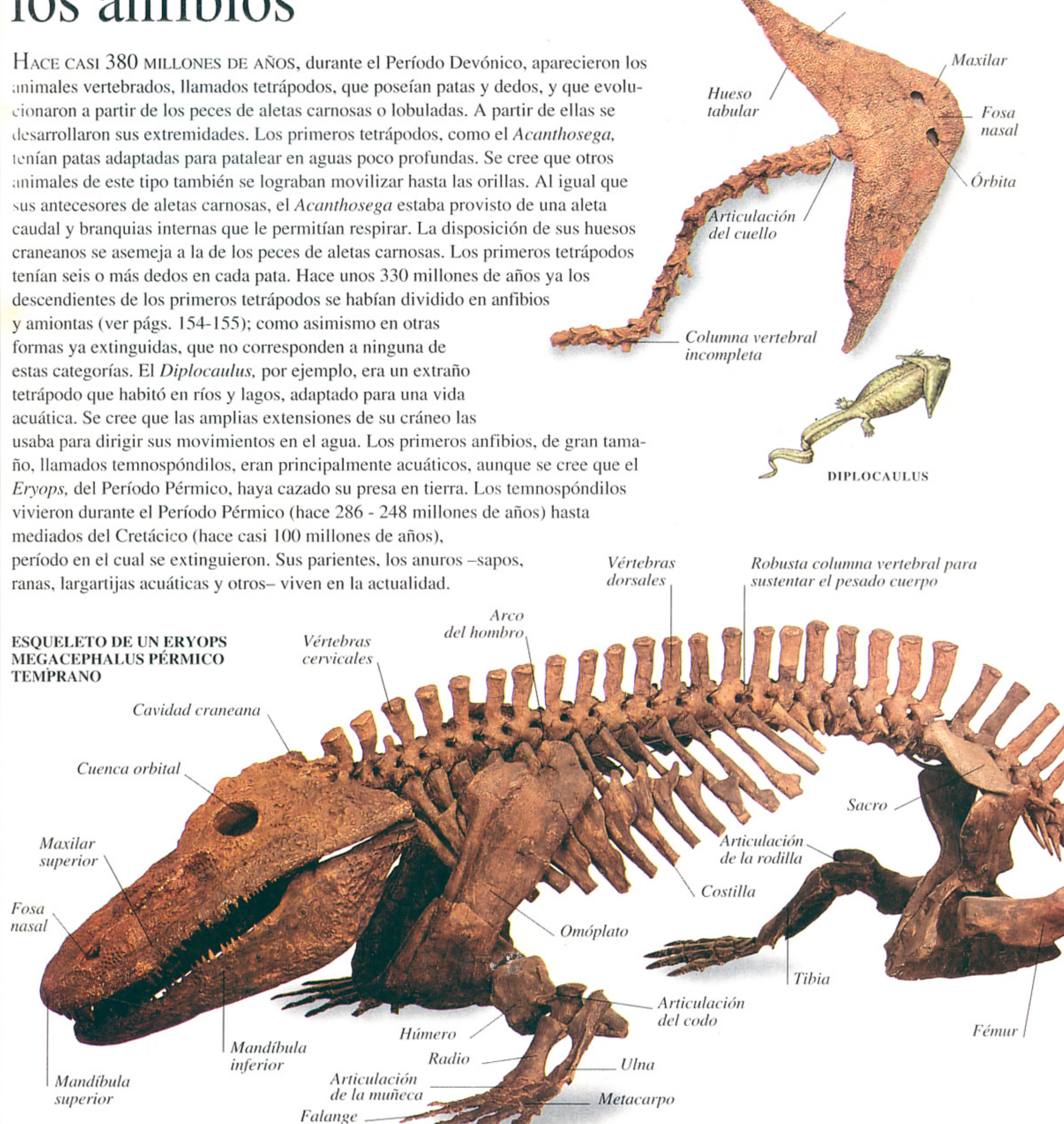


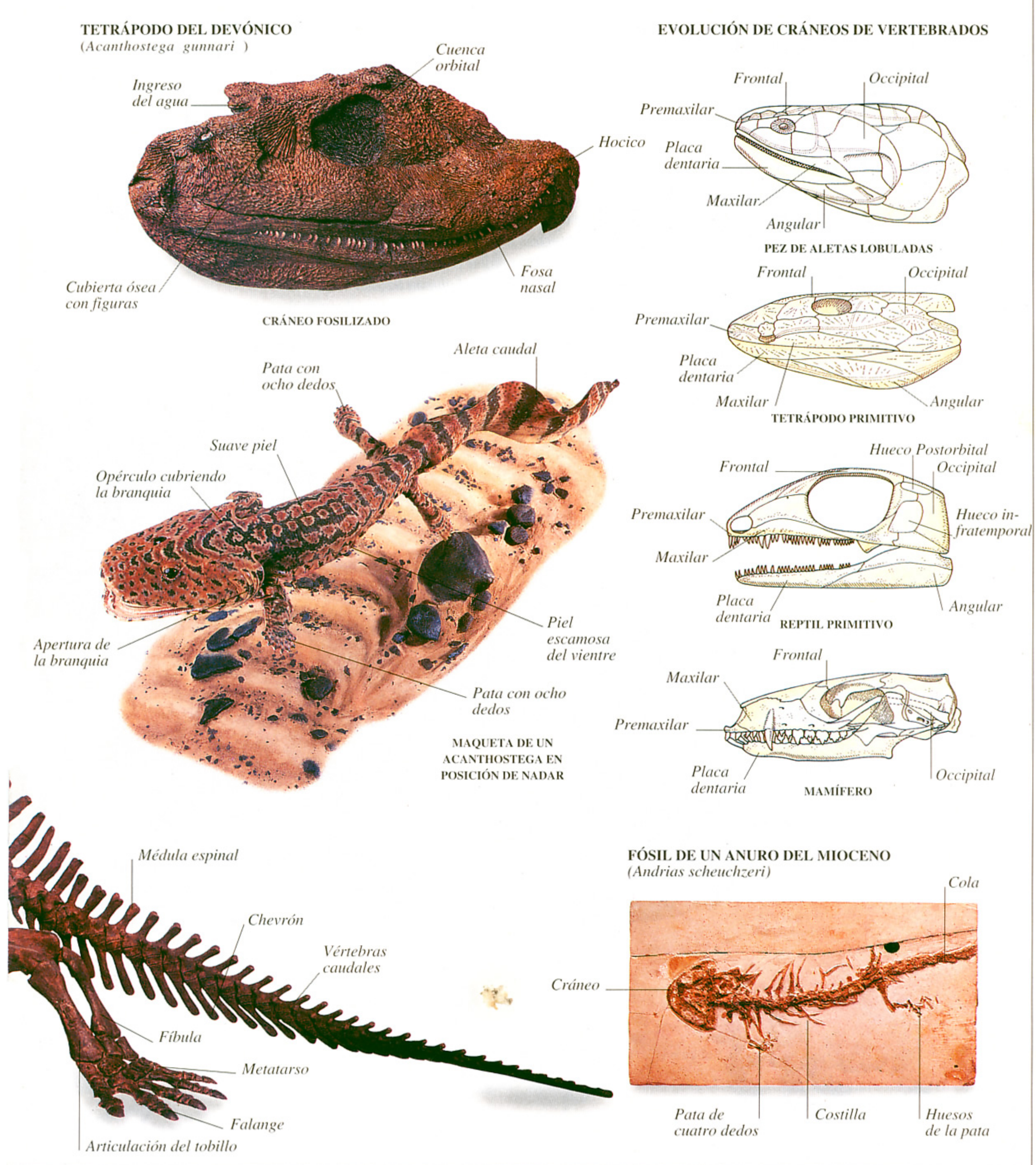
HELIOBATIS


PEZ DE ALETAS RADIALES. CRETÁCICO TARDÍO
(Hoplopteryx lewesiensis)
Largo: 27 cm.
HOPLOPTERYX
Radios de la aleta dorsal
Neuroespina
Radios de la aleta caudal
Frontal
Órbita
Lacrimal
Aleta anal
Columna vertebral
Dientes. Placa dentaria
Opérculo
Aleta pectoral
Huesos que protegen las branquias
Aleta pélvica
ALETAS CARNOSAS Y RADIALES
Radio preaxial
Surco lepidomórfito
Arco pélvico
Tibia
Fíbula
ALETA RADIAL
Fíbula
Radio preaxial
Surco lepidomórfito
Arco pélvico
Tibia
ALETA CARNOSA
UNDINA PENICILLATA DEL JURÁSICO TARDÍO
Pez de aletas carnosas
Largo: 45 cm.
Aleta caudal
Vértebra
Aleta dorsal anterior
Órbita
Aleta anal
Aleta pélvica
Aleta pectoral
Cráneo
MUESTRA DE PECES DE ALETAS CARNOSAS. DEVÓNICO
Aleta anal
Aleta pélvica
EUSTHENOPTERON
Aleta pectoral
Aleta Caudal
Aleta pectoral
Aleta pélvica
PANDERICHTHYS

El surgimiento de los anfibios

HACE CASI 380 MILLONES DE AÑOS, durante el Período Devónico, aparecieron los animales vertebrados, llamados tetrápodos, que poseían patas y dedos, y que evolucionaron a partir de los peces de aletas carnosas o lobuladas. A partir de ellas se desarrollaron sus extremidades. Los primeros tetrápodos, como el *Acanthosega,* tenían patas adaptadas para patalear en aguas poco profundas. Se cree que otros animales de este tipo también se lograban movilizar hasta las orillas. Al igual que sus antecesores de aletas carnosas, el *Acanthosega* estaba provisto de una aleta caudal y branquias internas que le permitían respirar. La disposición de sus huesos craneanos se asemeja a la de los peces de aletas carnosas. Los primeros tetrápodos tenían seis o más dedos en cada pata. Hace unos 330 millones de años ya los descendientes de los primeros tetrápodos se habían dividido en anfibios y amiontas (ver págs. 154-155); como asimismo en otras formas ya extinguidas, que no corresponden a ninguna de estas categorías. El *Diplocaulus,* por ejemplo, era un extraño tetrápodo que habitó en ríos y lagos, adaptado para una vida acuática. Se cree que las amplias extensiones de su cráneo las usaba para dirigir sus movimientos en el agua. Los primeros anfibios, de gran tamaño, llamados temnospóndilos, eran principalmente acuáticos, aunque se cree que el *Eryops,* del Período Pérmico, haya cazado su presa en tierra. Los temnospóndilos vivieron durante el Período Pérmico (hace 286 - 248 millones de años) hasta mediados del Cretácico (hace casi 100 millones de años), período en el cual se extinguieron. Sus parientes, los anuros –sapos, ranas, largartijas acuáticas y otros– viven en la actualidad.



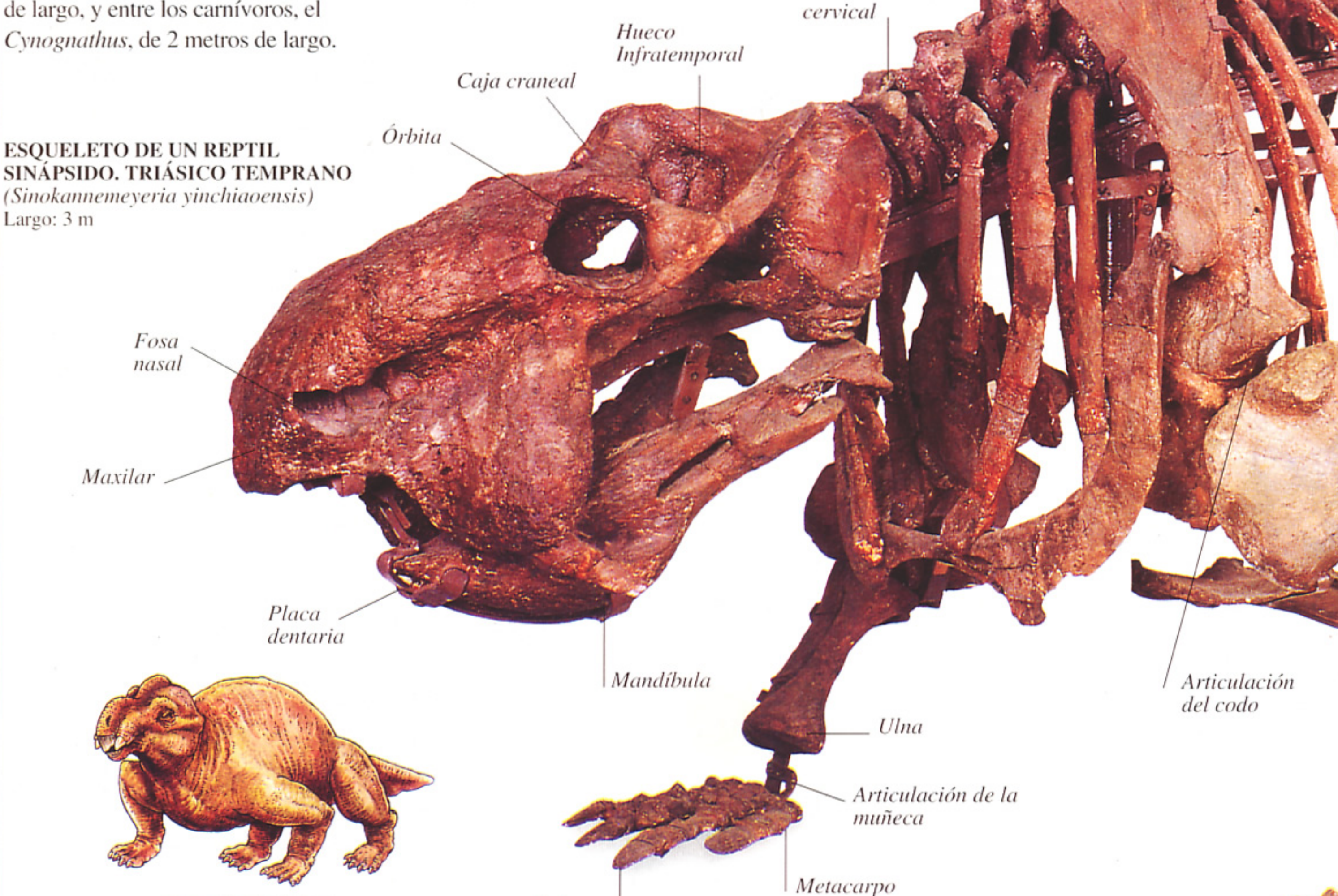


TETRÁPODO DEL DEVÓNICO
(Acanthostega gunnari)
Cuenca orbital
Ingreso del agua
Hocico
Cubierta ósea con figuras
Fosa nasal
CRÁNEO FOSILIZADO
Aleta caudal
Pata con ocho dedos
Suave piel
Opérculo cubriendo la branquia
Apertura de la branquia
Piel escamosa del vientre
Pata con ocho dedos
MAQUETA DE UN ACANTHOSTEGA EN POSICIÓN DE NADAR
EVOLUCIÓN DE CRÁNEOS DE VERTEBRADOS
Frontal
Occipital
Premaxilar
Placa dentaria
Maxilar
Angular
PEZ DE ALETAS LOBULADAS
Frontal
Occipital
Premaxilar
Placa dentaria
Maxilar
Angular
TETRÁPODO PRIMITIVO
Hueco Postorbital
Frontal
Occipital
Premaxilar
Hueco infratemporal
Maxilar
Placa dentaria
Angular
REPTIL PRIMITIVO
Frontal
Maxilar
Premaxilar
Placa dentaria
Occipital
MAMÍFERO
Médula espinal
Chevrón
Vértebras caudales
Fíbula
Metatarso
Falange
Articulación del tobillo
FÓSIL DE UN ANURO DEL MIOCENO
(Andrias scheuchzeri)
Cola
Cráneo
Pata de cuatro dedos
Costilla
Huesos de la pata

Reptiles primitivos y sinápsidos

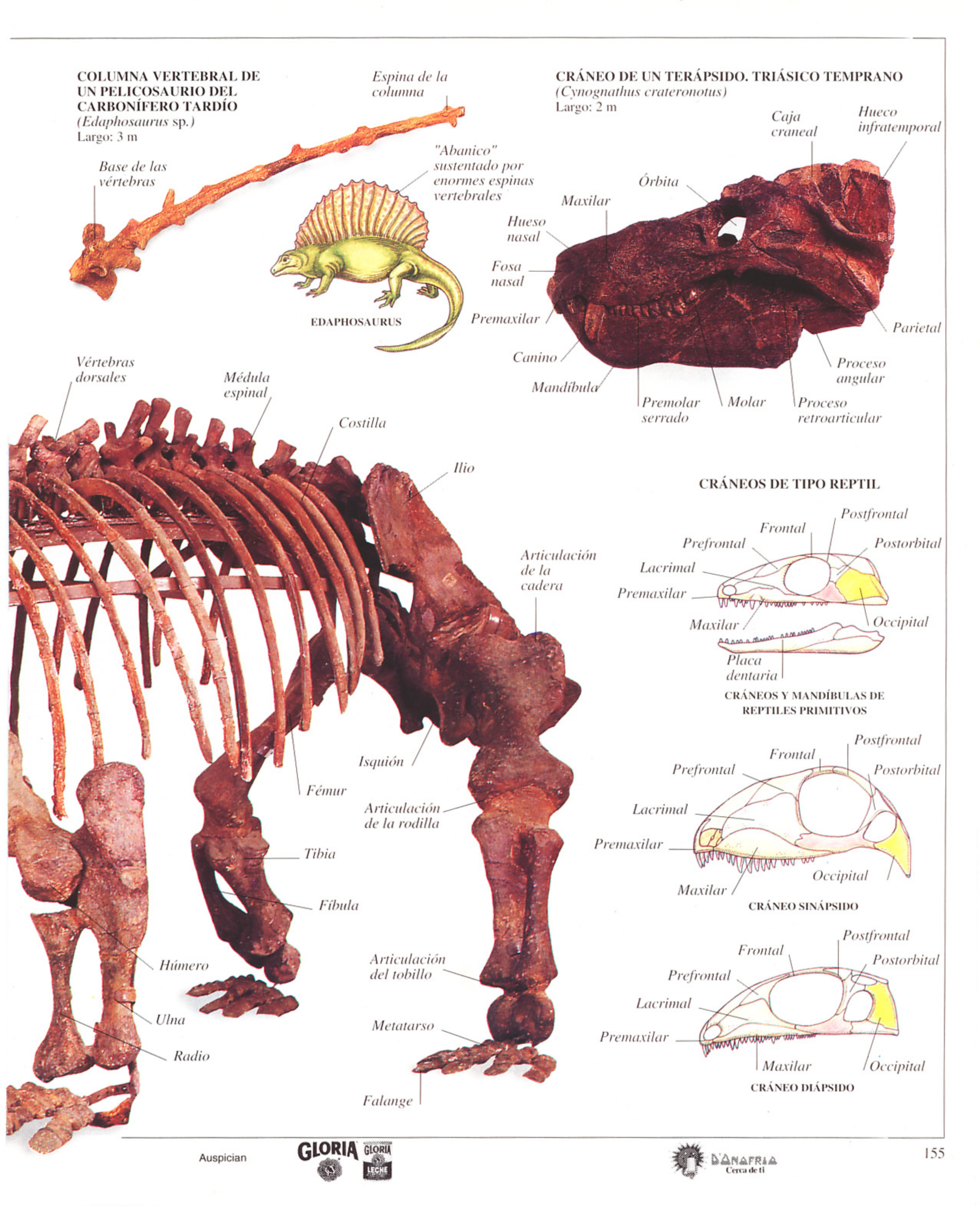
TETRÁPODO DEL CARBONÍFERO TEMPRANO
(Westlothiana lizziae)
Largo: 30 cm

LOS REPTILES FUERON LOS PRIMEROS AMIONTAS. Este grupo (reptiles, pájaros y mamíferos) está formado por animales vertebrados que producen huevos herméticamente sellados conteniendo en su interior el líquido amniótico que protege la cría. Los reptiles se dividen en tres grupos, conforme a los huecos que tengan a ambos lados de su cráneo, detrás de sus ojos. Los reptiles primitivos carecían de éstos, los sinápsidos tienen uno, y los diápsidos, dos (ver págs. 156-157). En un comienzo, los reptiles primitivos eran de tamaño pequeño, parecidos a las lagartijas y se alimentaban de insectos. Se cree que el *Westlothiana lizziae*, un animal del Carbonífero Temprano, sea el primer reptil primitivo conocido. Estos reptiles se extinguieron durante el Triásico Tardío. Los sinápsidos, reptiles semejantes a los mamíferos, vivieron desde el Carbonífero Tardío hasta el Jurásico Temprano. Los primeros sinápsidos eran animales de sangre fría, que reptaban, y sus postura era desparramada. Se incluía en este grupo a los pelicosaurios. Ejemplo de éstos es el *Edaphosaurus*, un hervíboro de 3 metros de largo, que tenía un "abanico" de piel a lo largo de su lomo, sustentado por unas enormes espinas de su columna. Los terápsidos representan un avanzado grupo de sinápsidos. Entre los hervíboros se cuenta el *Sinokannemeyeria*, un animal de 3 metros de largo, y entre los carnívoros, el *Cynognathus*, de 2 metros de largo.



ESQUELETO DE UN REPTIL SINÁPSIDO. TRIÁSICO TEMPRANO
(Sinokannemeyeria yinchiaoensis)
Largo: 3 m

SINOKANNEMEYERIA

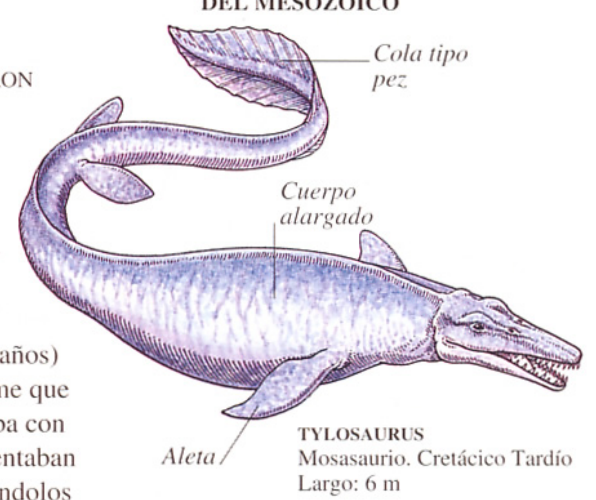

COLUMNA VERTEBRAL DE UN PELICOSAURIO DEL CARBONÍFERO TARDÍO
(Edaphosaurus sp.)
Largo: 3 m
Espina de la columna
Base de las vértebras
"Abanico" sustentado por enormes espinas vertebrales
EDAPHOSAURUS
CRÁNEO DE UN TERÁPSIDO. TRIÁSICO TEMPRANO
(Cynognathus crateronotus)
Largo: 2 m
Caja craneal
Hueco infratemporal
Órbita
Maxilar
Hueso nasal
Fosa nasal
Premaxilar
Canino
Mandíbula
Premolar serrado
Molar
Proceso retroarticular
Proceso angular
Parietal
Vértebras dorsales
Médula espinal
Costilla
Ilio
Articulación de la cadera
Isquión
Fémur
Articulación de la rodilla
Tibia
Fíbula
Húmero
Ulna
Radio
Articulación del tobillo
Metatarso
Falange
CRÁNEOS DE TIPO REPTIL
Postfrontal
Frontal
Prefrontal
Postorbital
Lacrimal
Premaxilar
Maxilar
Occipital
Placa dentaria
CRÁNEOS Y MANDÍBULAS DE REPTILES PRIMITIVOS
Postfrontal
Frontal
Prefrontal
Postorbital
Lacrimal
Premaxilar
Occipital
Maxilar
CRÁNEO SINÁPSIDO
Postfrontal
Frontal
Postorbital
Prefrontal
Lacrimal
Premaxilar
Maxilar
Occipital
CRÁNEO DIÁPSIDO

Reptiles marinos


PAISAJE MARINO DEL MESOZOICO (RECONSTRUCCIÓN - SIGLO XIX)

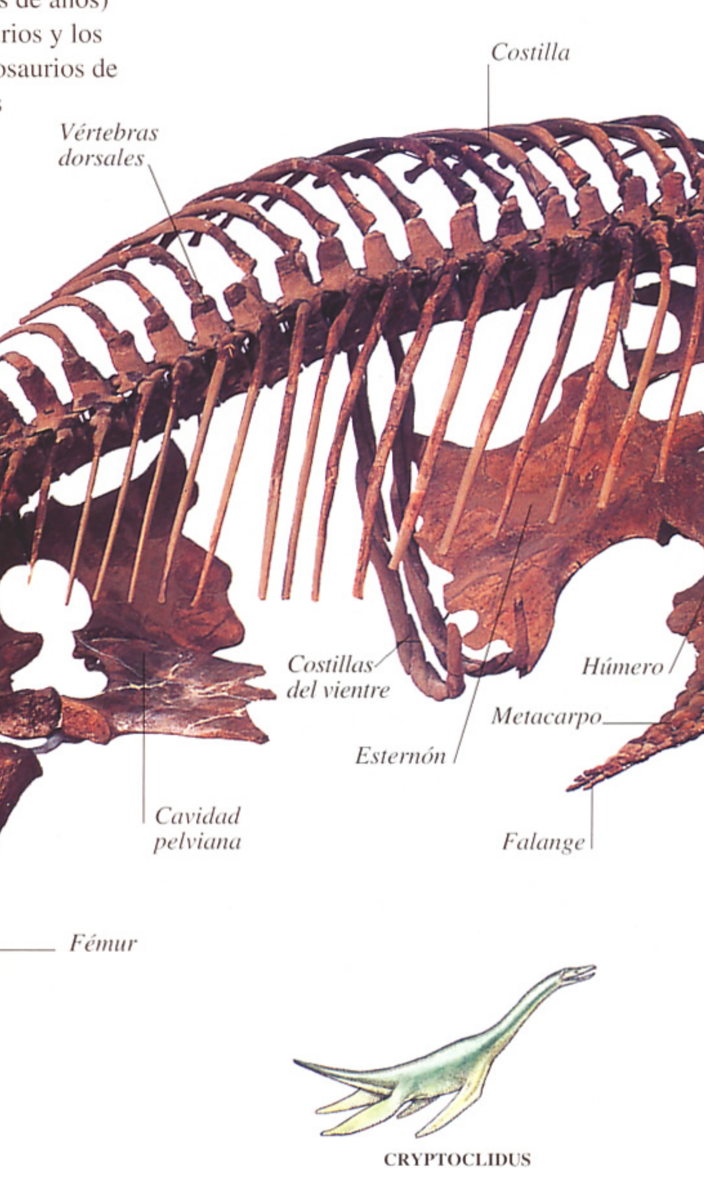
LOS PRIMEROS REPTILES DIÁPSIDOS APARECIERON hace unos 300 millones de años durante el Carbonífero Tardío. Todos los reptiles modernos y otros grupos ya extinguidos, excepto las tortugas, evolucionaron a partir de estos animales. Entre sus ya extinguidos descendientes se incluyen varios reptiles nadadores de la era Mesozoica (hace 248 - 65 millones de años). Durante el Triásico (hace 248 - 208 millones de años) hubo dos grandes clases de reptiles marinos: el notosaurio, un reptil fusiforme que nadaba impulsándose con su gran cola, y se alimentaba de peces que atrapaba con sus afilados y entrecruzados dientes. Los enormes placodontes, que se alimentaban de moluscos, recogiéndolos con sus ganchudos dientes delanteros y masticándolos con sus dientes posteriores. Ya en el período Jurásico (208 - 144 millones de años) estos grupos habían desaparecido, siendo reemplazados por los plesiosaurios y los ictiosaurios, cuyas extremidades habían dado origen a aletas. A los plesiosaurios de cuello corto se les conoce como pliosaurios. Los pliosaurios más grandes cazaban a los ictiosaurios, reptiles de forma alargada, similar a un delfín, que poseían aletas y maxilares largos y angostos. A fines de la era Mesozoica, los ictiosaurios habían sido reemplazados por los mosasaurios, cocodrilos de mar con extremidades en forma de aletas y mandíbulas con afilados dientes.

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE REPTILES MARINOS DEL MESOZOICO



TYLOSAURUS
Mosasaurio. Cretácico Tardío
Largo: 6 m

ESQUELETO DE UN PLESIOSAURIO JURÁSICO
(Cryptoclidus eurymerus)
Largo: 4 m



CRYPTOCLIDUS

Cuerpo robusto

Pata bien desarrollada

CYAMODUS
Placodonte del Triásico Medio
Largo: 2 m

Cuello corto

Aleta con forma de ala

PELONEUSTES
Pliosaurio del Jurásico Tardío
Largo: 3 m

CRÁNEO DE UN ICTIOSAURIO JURÁSICO TEMPRANO
(Ichthyosaurus communis)

Frontal

Postfrontal

Prefrontal

Premaxilar

Placa dentaria

Maxilar

Órbita

Angular

ICHTHYOSAURUS
Ictiosaurio. Jurásico Temprano
Largo: 2 m

Vértebras cervicales

Hueco orbital

Órbita

Maxilar

Fosa nasal

Mandíbula

Omóplato

Metacarpo

Caja craneal

Órbita

Vértebras cervicales

Costillas

Fíbula

Tibia

Hueso del pie

Vértebras caudales

Omóplato

Húmero

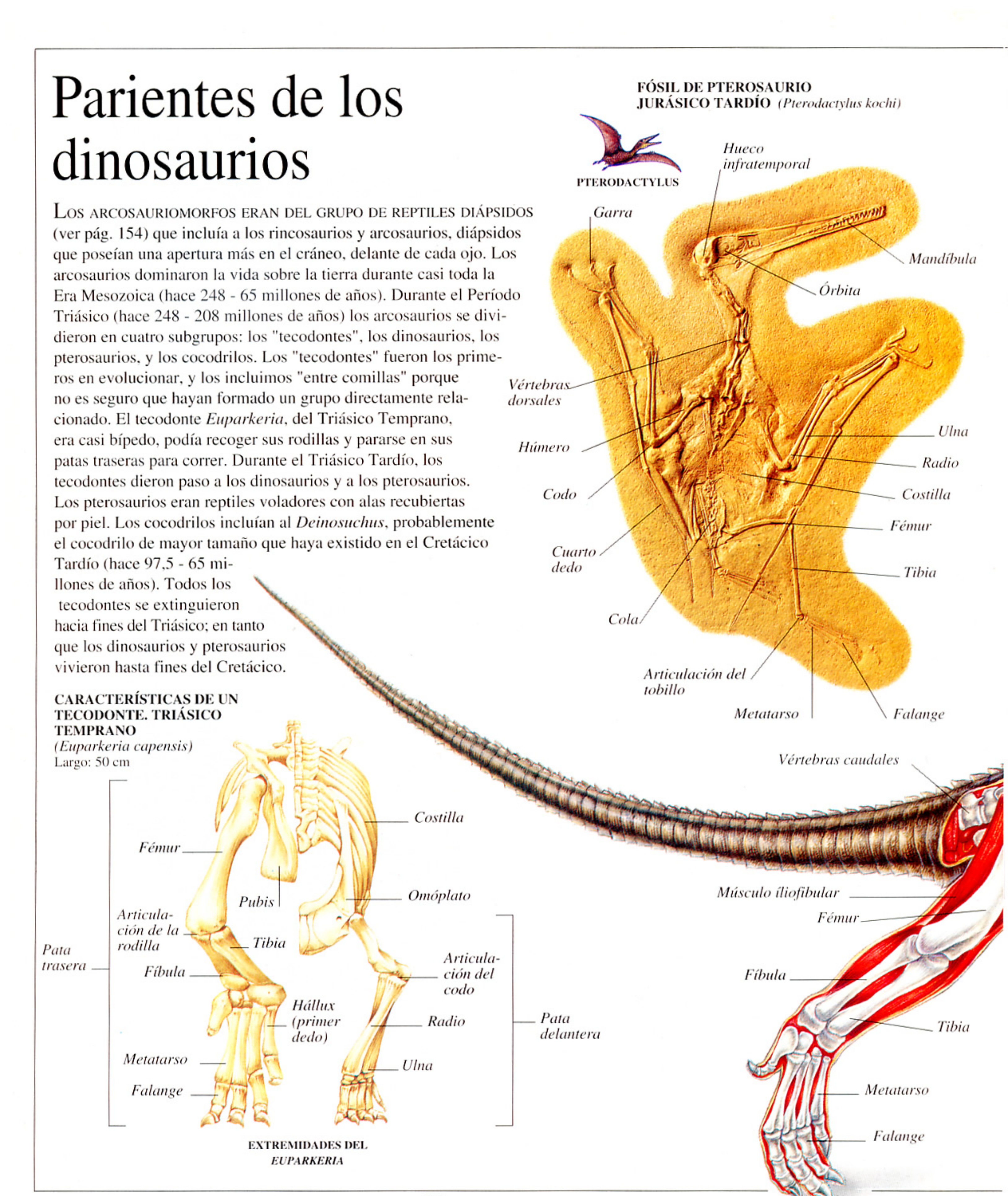
Vértebras dorsales

Huesos de la mano

ESQUELETO FÓSIL DE UN NOTOSAURIO TRIÁSICO
(Neusticosaurus pusillus)
Largo: 30 cm

Parientes de los dinosaurios

LOS ARCOSAURIOMORFOS ERAN DEL GRUPO DE REPTILES DIÁPSIDOS (ver pág. 154) que incluía a los rincosaurios y arcosaurios, diápsidos que poseían una apertura más en el cráneo, delante de cada ojo. Los arcosaurios dominaron la vida sobre la tierra durante casi toda la Era Mesozoica (hace 248 - 65 millones de años). Durante el Período Triásico (hace 248 - 208 millones de años) los arcosaurios se dividieron en cuatro subgrupos: los "tecodontes", los dinosaurios, los pterosaurios, y los cocodrilos. Los "tecodontes" fueron los primeros en evolucionar, y los incluimos "entre comillas" porque no es seguro que hayan formado un grupo directamente relacionado. El tecodonte *Euparkeria*, del Triásico Temprano, era casi bípedo, podía recoger sus rodillas y pararse en sus patas traseras para correr. Durante el Triásico Tardío, los tecodontes dieron paso a los dinosaurios y a los pterosaurios. Los pterosaurios eran reptiles voladores con alas recubiertas por piel. Los cocodrilos incluían al *Deinosuchus*, probablemente el cocodrilo de mayor tamaño que haya existido en el Cretácico Tardío (hace 97,5 - 65 millones de años). Todos los tecodontes se extinguieron hacia fines del Triásico; en tanto que los dinosaurios y pterosaurios vivieron hasta fines del Cretácico.



EJEMPLOS DE ARCOSAURIOS

ERYTHROSUCHUS
Tecodonte
Largo: 4,5 m

DEINOSUCHUS; Un cocodrilo
Largo: 16 m

ESQUELETO DE UN SCAPHONYX

Vértebras dorsales
Vértebras cervicales
Vértebras caudales
Médula espinal
Órbita
Costilla
Fémur
Húmero
Tibia
Omóplato
Radio
Metatarso
Mandíbula
Falange
Ulna
Falange
Metacarpo

SCAPHONYX
Un rincosaurio
Largo: 1,8 m

Párpado escamoso
Musculatura cervical
Vértebras torácicas
Pulmón
Estómago
Costillas
Médula espinal
Omóplato
Coracoide
Húmero
Riñón
Articulación del codo
Intestino delgado
Radio
Hígado
Ulna
Garra
Hállux (primer dedo)

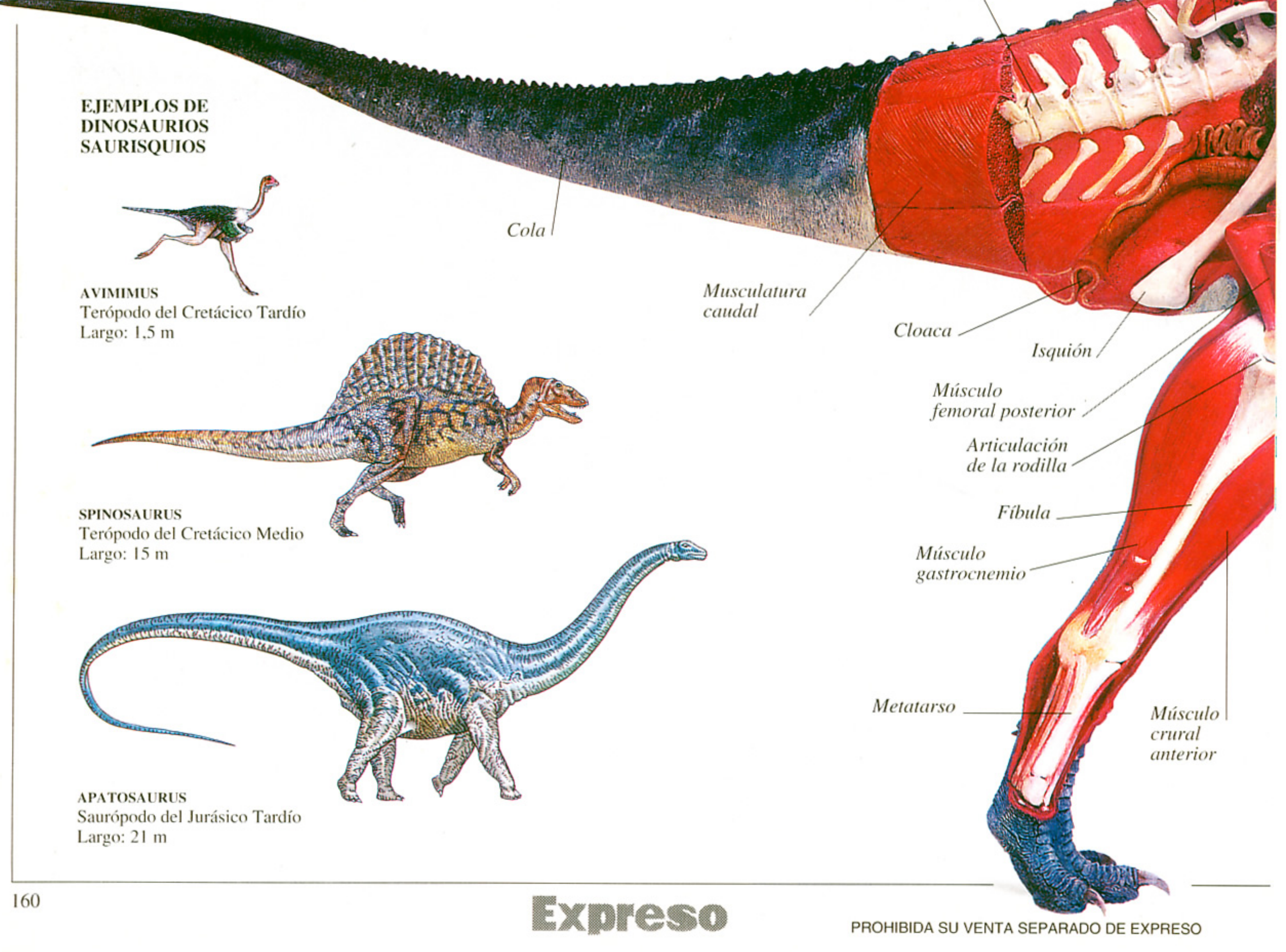
MAQUETA DE UN *EUPARKERIA* PREPARÁNDOSE PARA CORRER

Dinosaurios saurisquios

Los dinosaurios fueron los animales terrestres que dominaron el planeta desde el Triásico Tardío hasta el Cretácico Tardío (hace casi 225 - 65 millones de años). Los dinosaurios se clasifican en una subdivisión de los arcosaurios (ver págs. 158-159), que se distinguen por su posición erecta (a diferencia de la mayoría de los arcosaurios) y por varios detalles del cráneo y de los huesos de sus extremidades. Los dinosaurios se clasifican en saurisquios, cuyos huesos púbicos se inclinan hacia adelante; y ornitisquios, en los cuales éstos se inclinan hacia atrás. A su vez, los saurisquios se dividen en terópodos y sauropodomorfos. Los terópodos, que incluyen a todos los dinosaurios predadores, varían en tamaño, tan pequeños como un pollo, el *Compsognathus,* hasta el enorme *Spinosaurus,* de 15 metros de largo y cola con "abanico". Otros ejemplos son el *Tyrannosaurus Rex* y el *Avimimus,* parecido a un ave. Los sauropodomorfos incluyen los animales terrestres más grandes que hayan existido, divididos en dos grupos, los prosaurópodos y sus enormes sucesores, los saurópodos, tales como el *Apatosaurus,* de 21 metros de largo.

VISTA DE FRENTE DEL ARCO PÉLVICO Y HUESOS DE EXTREMIDADES DE UN TIRANOSAURIO

Ilio derecho
Ilio izquierdo
Pubis derecho
Pubis izquierdo
Isquión derecho
Isquión izquierdo
Fémur
Fíbula
Tibia
Articulación del tobillo
Pata

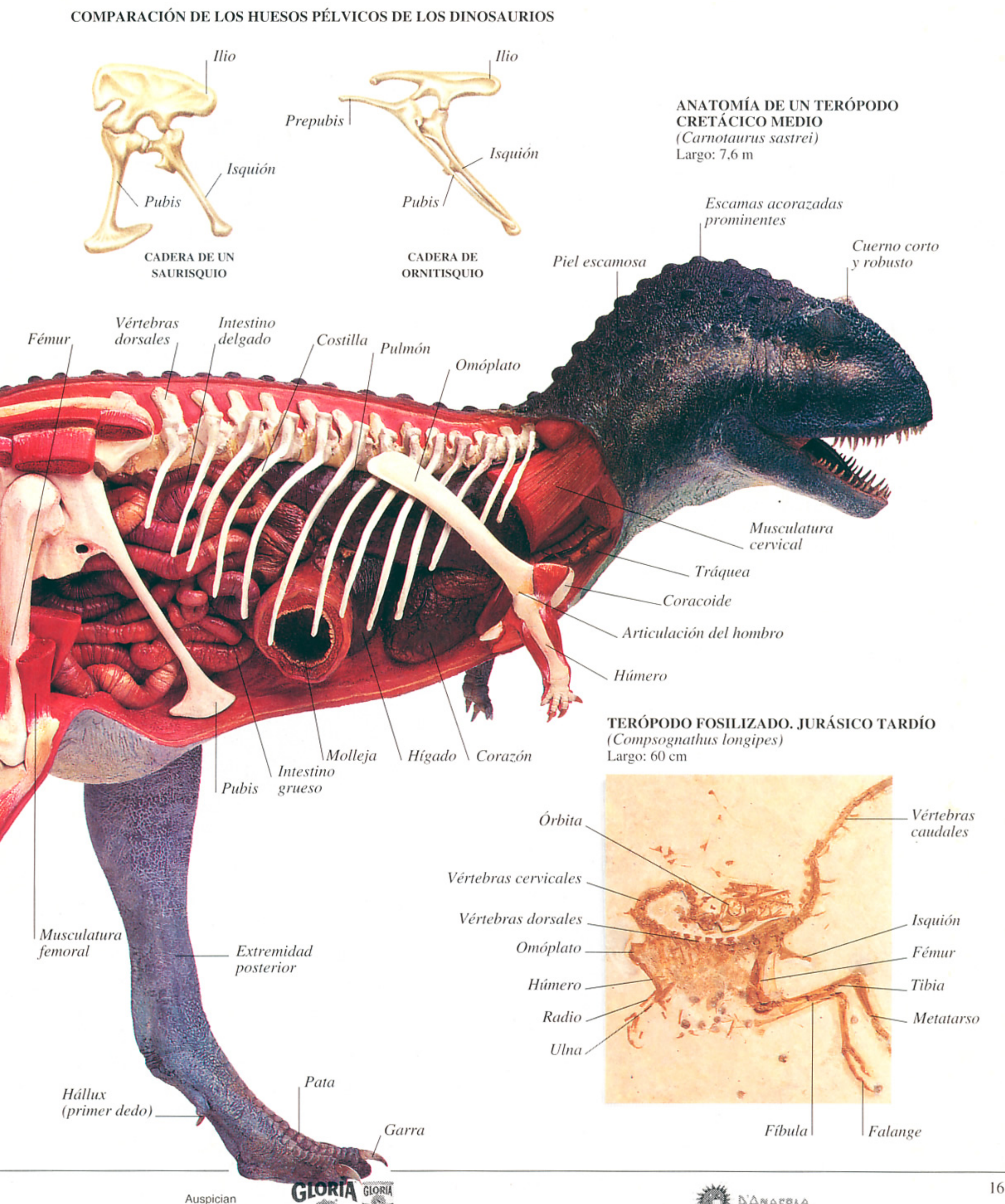


EJEMPLOS DE DINOSAURIOS SAURISQUIOS

AVIMIMUS
Terópodo del Cretácico Tardío
Largo: 1,5 m

SPINOSAURUS
Terópodo del Cretácico Medio
Largo: 15 m

APATOSAURUS
Saurópodo del Jurásico Tardío
Largo: 21 m


COMPARACIÓN DE LOS HUESOS PÉLVICOS DE LOS DINOSAURIOS
Ilio
Isquión
Pubis
CADERA DE UN SAURISQUIO
Ilio
Prepubis
Isquión
Pubis
CADERA DE ORNITISQUIO
ANATOMÍA DE UN TERÓPODO CRETÁCICO MEDIO
(Carnotaurus sastrei)
Largo: 7,6 m
Escamas acorazadas prominentes
Piel escamosa
Cuerno corto y robusto
Fémur
Vértebras dorsales
Intestino delgado
Costilla
Pulmón
Omóplato
Musculatura cervical
Tráquea
Coracoide
Articulación del hombro
Húmero
Pubis
Intestino grueso
Molleja
Hígado
Corazón
Musculatura femoral
Extremidad posterior
Hállux (primer dedo)
Pata
Garra
TERÓPODO FOSILIZADO. JURÁSICO TARDÍO
(Compsognathus longipes)
Largo: 60 cm
Órbita
Vértebras caudales
Vértebras cervicales
Vértebras dorsales
Isquión
Omóplato
Fémur
Húmero
Tibia
Radio
Metatarso
Ulna
Fíbula
Falange

Dinosaurios ornitisquios

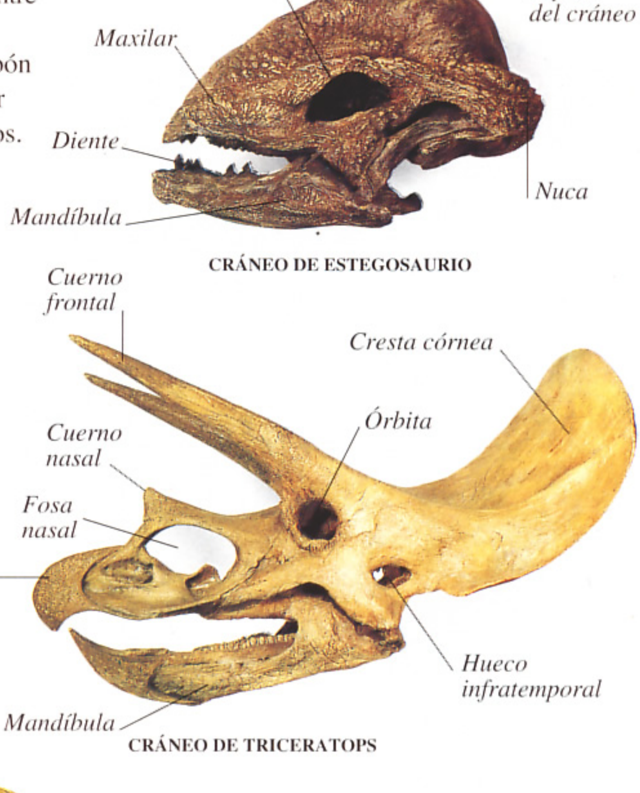
TUOJIANGOSAURUS
Tiróforo

Los ornitisquios fueron dinosaurios herbívoros, que poseían dientes y mandíbulas adaptados especialmente a su dieta. Muchos tenían pico desdentado para recoger hojas, y unas cavidades internas a ambos lados de las mejillas que usaban para guardarlas, poseían dientes adecuados para masticarlas. Hay tres sub-clases de ornitisquios: ornitópodos, tiróforos, y marginocéfalos. Los ornitópodos incluían especies que podían desplazarse algunas distancias corriendo gracias a sus patas traseras. Entre ellos se encuentra el hardrosaurio, *Parasaurolophus,* que tenían una cresta cefálica ósea, inclinada hacia atrás, con un paso de aire parecido a un trombón que permitía a este inmenso animal herbívoro, de 10 metros de largo, emitir fuertes sonidos. Los tiróforos incluyen los estegosaurios y los anquilosaurios. Los estegosaurios, tales como el *Tuojiangosaurus,* tenía dos hileras de espinas óseas o placas en su espinazo, cuello y cola. Los anquilosaurios medían entre 3 y 7 metros, como el *Minmi* y el fuertemente acorazado *Euoplocephalus,* respectivamente. El extremo de la cola de este último tenía un hueso con forma de trébol, abombada y ancha. Los marginocéfalos tenían una especie de máscara córnea en la parte posterior de su cráneo, y se dividían en dos subgrupos: los pacicefalosaurios, tales como el *Estegocero,* y los ceratópsidos, tales como el *Psittacosaurus* y el *Protoceratos,* de 1,8 metros de largo. El ceratópsido más grande que existió fue el *Triceratops,* un dinosaurio de tres cuernos, similar a un rinoceronte, que medía 9 metros.

CRÁNEOS DE MARGINOCÉFALOS



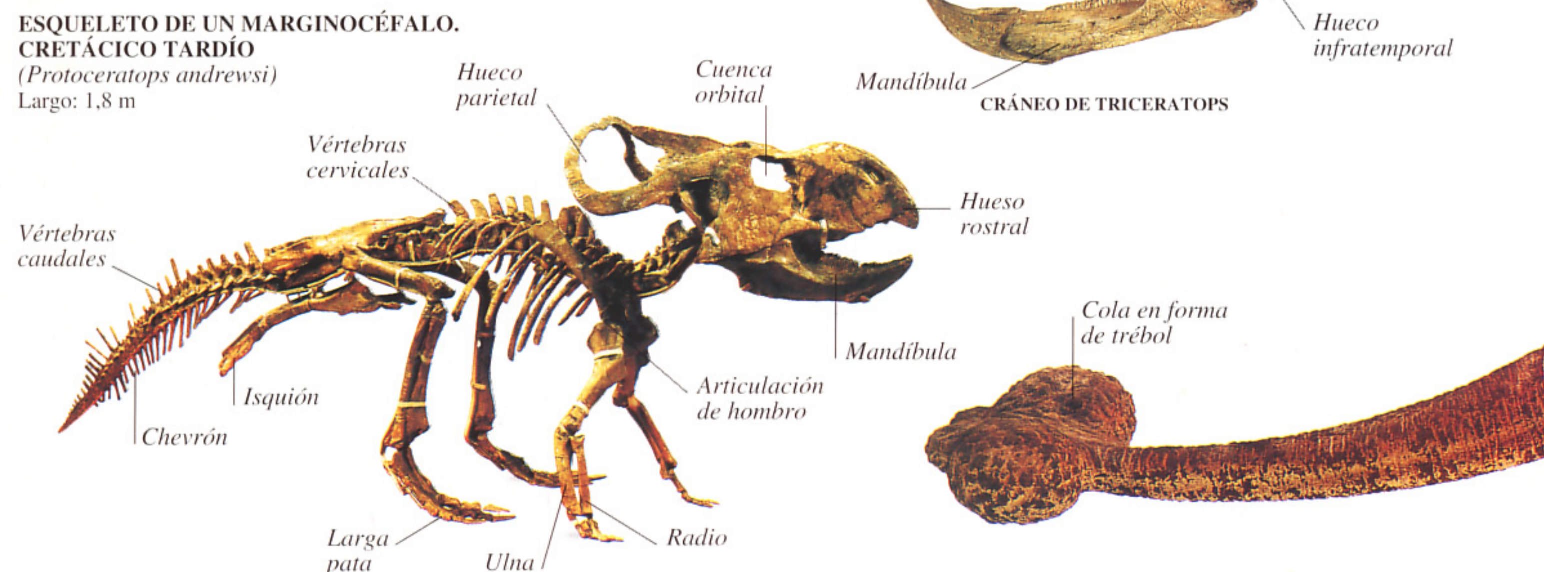
CRÁNEO DE PSITTACOSAURIO

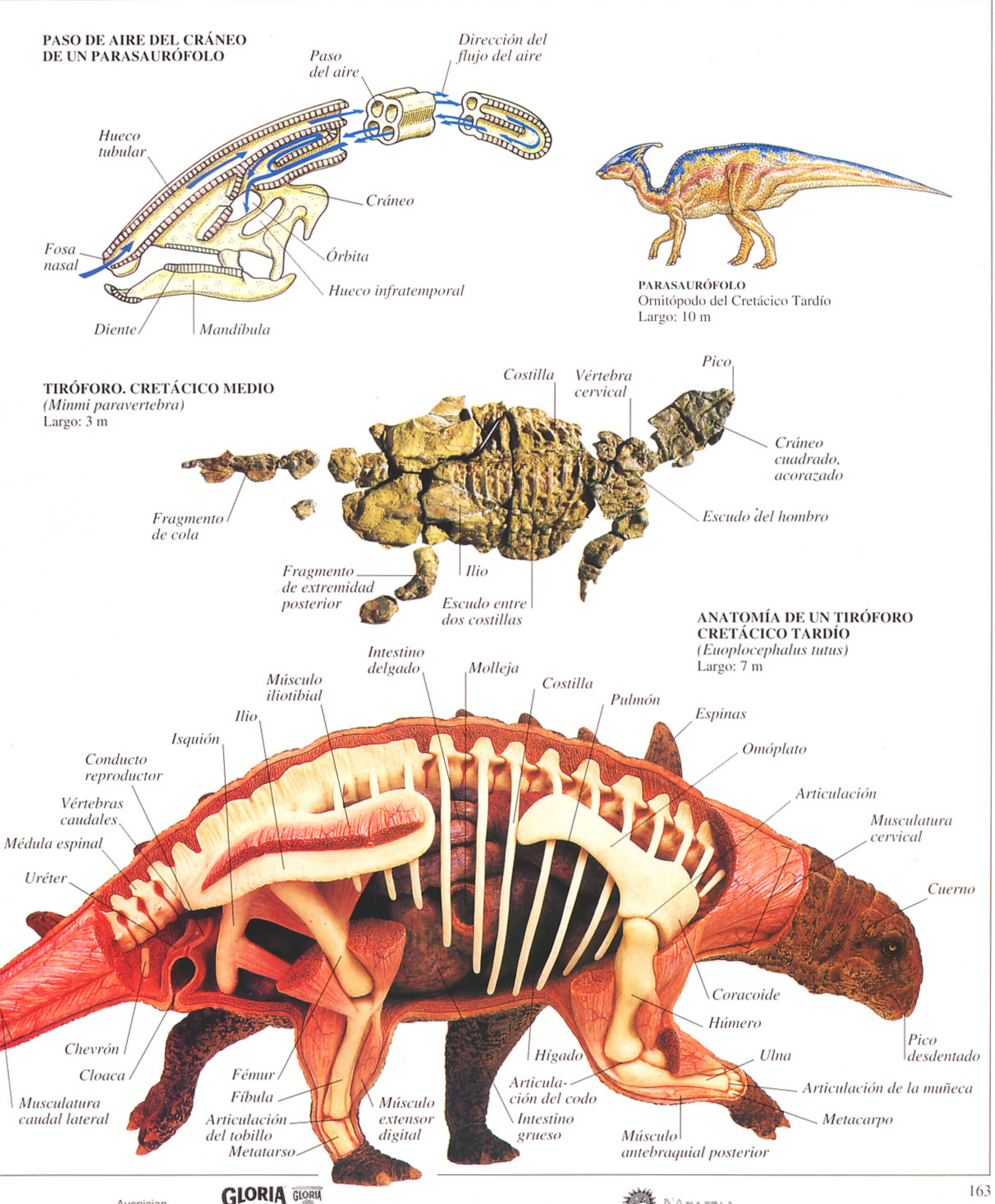


CRÁNEO DE ESTEGOSAURIO

CRÁNEO DE TRICERATOPS

ESQUELETO DE UN MARGINOCÉFALO. CRETÁCICO TARDÍO
(Protoceratops andrewsi)
Largo: 1,8 m




PASO DE AIRE DEL CRÁNEO
DE UN PARASAURÓFOLO
Paso
del aire
Dirección del
flujo del aire
Hueco
tubular
Cráneo
Fosa
nasal
Órbita
Hueco infratemporal
Diente
Mandíbula
PARASAURÓFOLO
Ornitópodo del Cretácico Tardío
Largo: 10 m
TIRÓFORO. CRETÁCICO MEDIO
(Minmi paravertebra)
Largo: 3 m
Costilla
Vértebra
cervical
Pico
Cráneo
cuadrado,
acorazado
Escudo del hombro
Fragmento
de cola
Fragmento
de extremidad
posterior
Ilio
Escudo entre
dos costillas
ANATOMÍA DE UN TIRÓFORO
CRETÁCICO TARDÍO
(Euoplocephalus tutus)
Largo: 7 m
Intestino
delgado
Molleja
Músculo
iliotibial
Costilla
Pulmón
Espinas
Ilio
Isquión
Omóplato
Conducto
reproductor
Articulación
Vértebras
caudales
Musculatura
cervical
Médula espinal
Uréter
Cuerno
Coracoide
Húmero
Chevrón
Pico
desdentado
Hígado
Ulna
Cloaca
Fémur
Articula-
ción del codo
Articulación de la muñeca
Fíbula
Músculo
extensor
digital
Intestino
grueso
Metacarpo
Musculatura
caudal lateral
Articulación
del tobillo
Metatarso
Músculo
antebraquial posterior

Pájaros primitivos

EL PRIMER PÁJARO CONOCIDO FUE EL *ARCHAEOPTERYX*, del tamaño de un cuervo moderno, que habitó en el Jurásico Tardío, hace 150 millones de años. Se cree que desciende de los maniráptoros, pequeño grupo de dinosaurios terópodos, de peso ligero y cuerpos ágiles. La diferencia más notoria era que el *Archaeopteryx* tenía su cuerpo cubierto de plumas. En otros aspectos eran tan iguales que se cree que los pájaros son dinosaurios voladores vivientes. El *Archaeopteryx* tenía dientes pequeños y filudos, dedos con garras, y la larga cola ósea de un maniráptoro. Algunos pájaros continuaron teniendo dientes, durante el Cretácico (hace 144 - 65 millones de años) tales como el *Ichthyornis*, parecido a la gaviota, y el *Hesperonis*, un gran zambullidor. A partir del Cretácico desaparecen las aves dentadas; las más similares son los pájaros con dentículos óseos del Período Terciario (hace 65 - 2 millones de años), como el *Osteodontornis*. Ellos tenían proyecciones óseas filudas en cada una de sus mandíbulas, en vez de verdaderos dientes. Algunos pájaros del Cretácico Tardío, como el *Patagopteryx*, perdieron su habilidad para volar. En algunas partes del planeta, durante el Terciario, estos pájaros de tierra rivalizaban con los mamíferos carnívoros como los mejores predadores. El *Phorusrhacus*, del Mioceno Temprano, hace unos 20 millones de años, fue un gran cazador que habitaba en América del Sur.

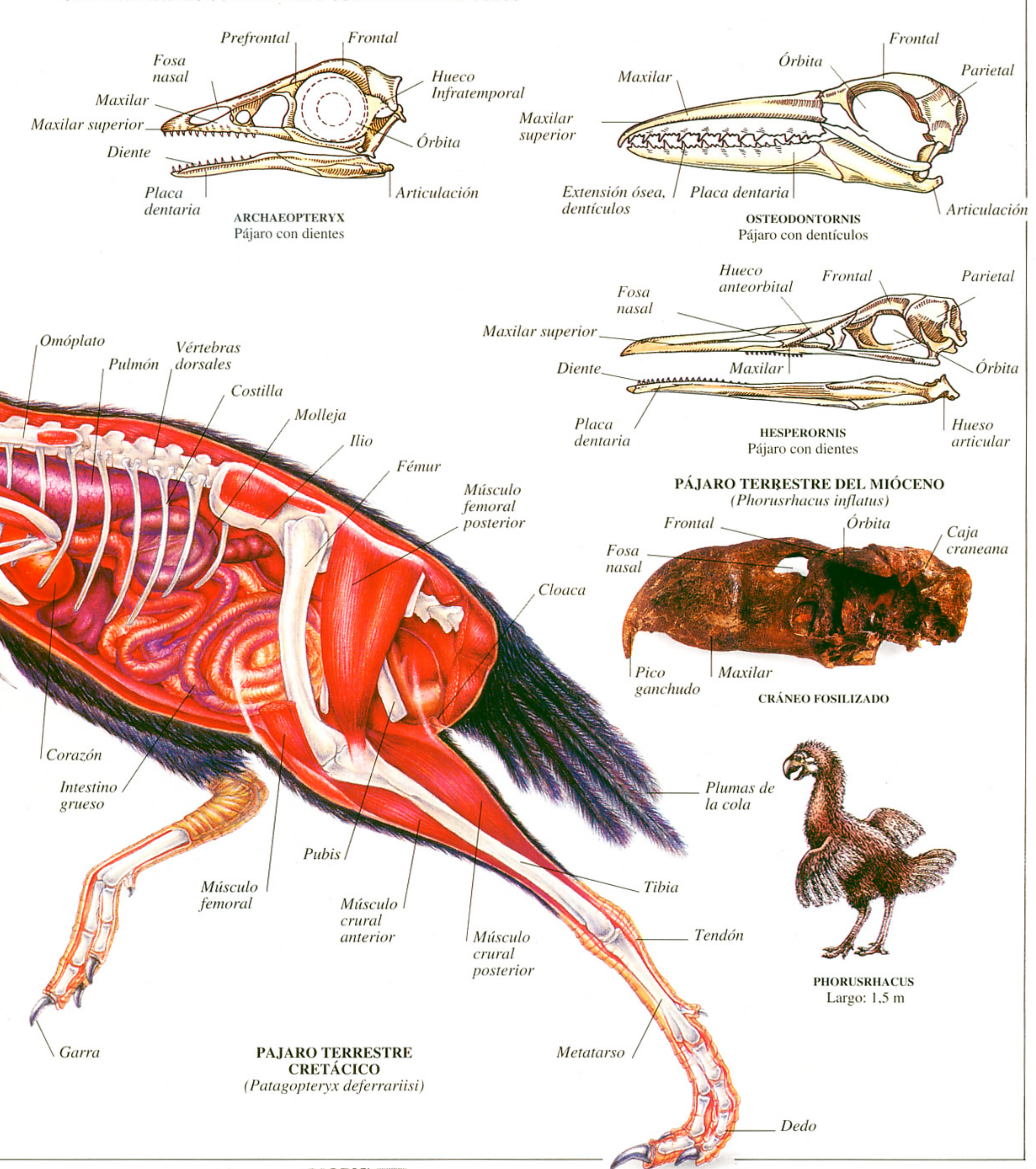
ICHTHYORNIS

Borde escamoso
Mandíbula superior
Oreja
Mandíbula inferior
Piel sin plumas
Vértebras cervicales
Húmero
Radio
Ulna
Dedo

PÁJARO FOSILIZADO JURÁSICO TARDÍO
(Archaeopteryx lithographica)

Vértebras cervicales
Ulna
Órbita
Cráneo
Vértebras caudales
Articulación de la cadera
Ilio
Radio
Impronta de pluma de la cola
Falange
Hálux revertido
Metacarpo
Isquión
Omóplato
Metatarso
Vértebras dorsales
Costilla
Tibia
Falange
Húmero
Pubis
Fémur
Impronta de pluma del ala
Garra

ARCHAEOPTERYX

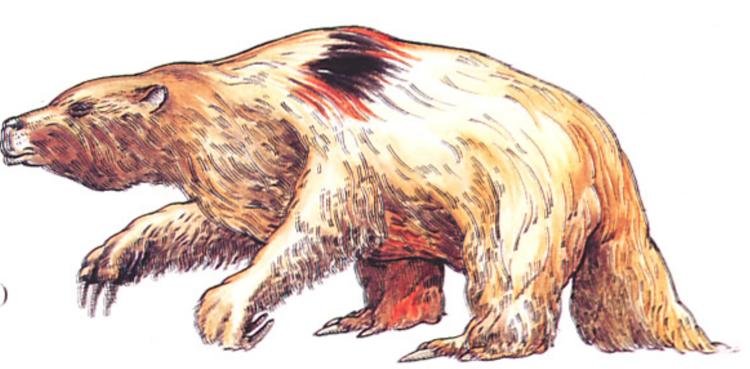

CRÁNEOS DE AVES CON DIENTES Y CON DENTÍCULOS ÓSEOS
Prefrontal
Frontal
Fosa nasal
Hueco Infratemporal
Maxilar
Maxilar superior
Órbita
Diente
Placa dentaria
Articulación
ARCHAEOPTERYX
Pájaro con dientes
Frontal
Órbita
Parietal
Maxilar
Maxilar superior
Extensión ósea, dentículos
Placa dentaria
Articulación
OSTEODONTORNIS
Pájaro con dentículos
Hueco anteorbital
Frontal
Parietal
Fosa nasal
Maxilar superior
Diente
Maxilar
Órbita
Placa dentaria
Hueso articular
HESPERORNIS
Pájaro con dientes
PÁJARO TERRESTRE DEL MIÓCENO
(Phorusrhacus inflatus)
Frontal
Órbita
Caja craneana
Fosa nasal
Pico ganchudo
Maxilar
CRÁNEO FOSILIZADO
PHORUSRHACUS
Largo: 1,5 m
Omóplato
Vértebras dorsales
Pulmón
Costilla
Molleja
Ilio
Fémur
Músculo femoral posterior
Cloaca
Corazón
Intestino grueso
Plumas de la cola
Pubis
Tibia
Músculo femoral
Músculo crural anterior
Músculo crural posterior
Tendón
Garra
Metatarso
Dedo
PAJARO TERRESTRE CRETÁCICO
(Patagopteryx deferrariisi)

Mamíferos primitivos



DIPROTODON

LOS MAMÍFEROS SON ANIMALES DE SANGRE CALIENTE, generalmente cubiertos de peludas pieles, cuyas hembras producen leche con la cual alimentan a sus crías. Aparecieron hace casi 220 millones de años, en el Triásico Tardío, corto tiempo después de los dinosaurios. Los fósiles de los primeros mamíferos se distinguen de aquéllos de los reptiles terápsidos (ver págs. 154-155) por la diferencia en sus huesos de las mandíbulas y del oído medio. Los mamíferos primitivos se parecían a las musarañas y desarrollaron dientes rugosos con cúspides y tubérculos, que cortaban su alimento a medida que masticaban. Un grupo de mamíferos primitivos, los monotremas, ponían huevos y están actualmente representados por los ornitorrincos y los osos hormigueros. Gran parte de los mamíferos fósiles y vivos pertenecen al infraorden Terios, que dan a luz crías vivas (vivíparos). Antes de la extinción de los dinosaurios (hace 65 millones de años) aparecieron dos grupos de Terios, los marsupiales (con bolsa abdominal) que dan a luz crías pequeñas e inmaduras, y los placentarios, que dan a luz a crías maduras ya que se han alimentado en el vientre de su madre a través de la placenta. Los marsupiales del Pleistoceno incluían al *Diprotodon*, de Australia, que alcanzaba la talla de un hipopótamo; y a las zarigüeyas (de la familia *Didelphidae*) que aún viven en ambas Américas. Los placentarios ya extinguidos del Pleistoceno incluían al perezoso terrestre *Megatherium*, y al armadillo gigante, *Glyptodon*, de Sudamérica. Ambos son edentados, un grupo moderno que incluye a los actuales armadillos, osos hormigueros y perezosos.



MEGATHERIUM AMERICANUM. PLEISTOCENO
Largo: 6 m

GLYPTODON. PLEISTOCENO
(Glyptodon reticulatus)
Largo: 2 m

Caparazón
Cubierta formada por placas dérmicas
Cola

Caparazón acorazada (de piel endurecida)
Ilio
Vértebras dorsales
Costilla
Isquión
Omóplato
Fémur
Escudo cefálico
Hocico
Tibia y fíbula unidas
Ulna
Húmero
Metacarpo
Cola acorazada
Metatarso
Radio
Garra sobre sus falanges

MUESTRA DEL ESQUELETO

MAMÍFEROS PRIMITIVOS

MARSUPIAL DEL PLEISTOCENO
(Didelphis albiventris)
Largo: 30 cm

AMBLOTHERIUM PUSILLUM. JURÁSICO
Largo: 25 cm

Cavidad craneana
Órbita
Fosa nasal
Incisivo superior
Incisivo inferior
Gran maxilar
Vértebras cervicales
Omóplato
Vértebras dorsales
Clavícula
Costilla
Ilio
Isquión
Vértebra caudal
Húmero
Hueso marsupial
Radio
Fémur
Tibia
Talón grande
Ulna
Fíbula
Falange

MARSUPIAL DEL PLEISTOCENO
(Diprotodon australis)
Largo: 3 m

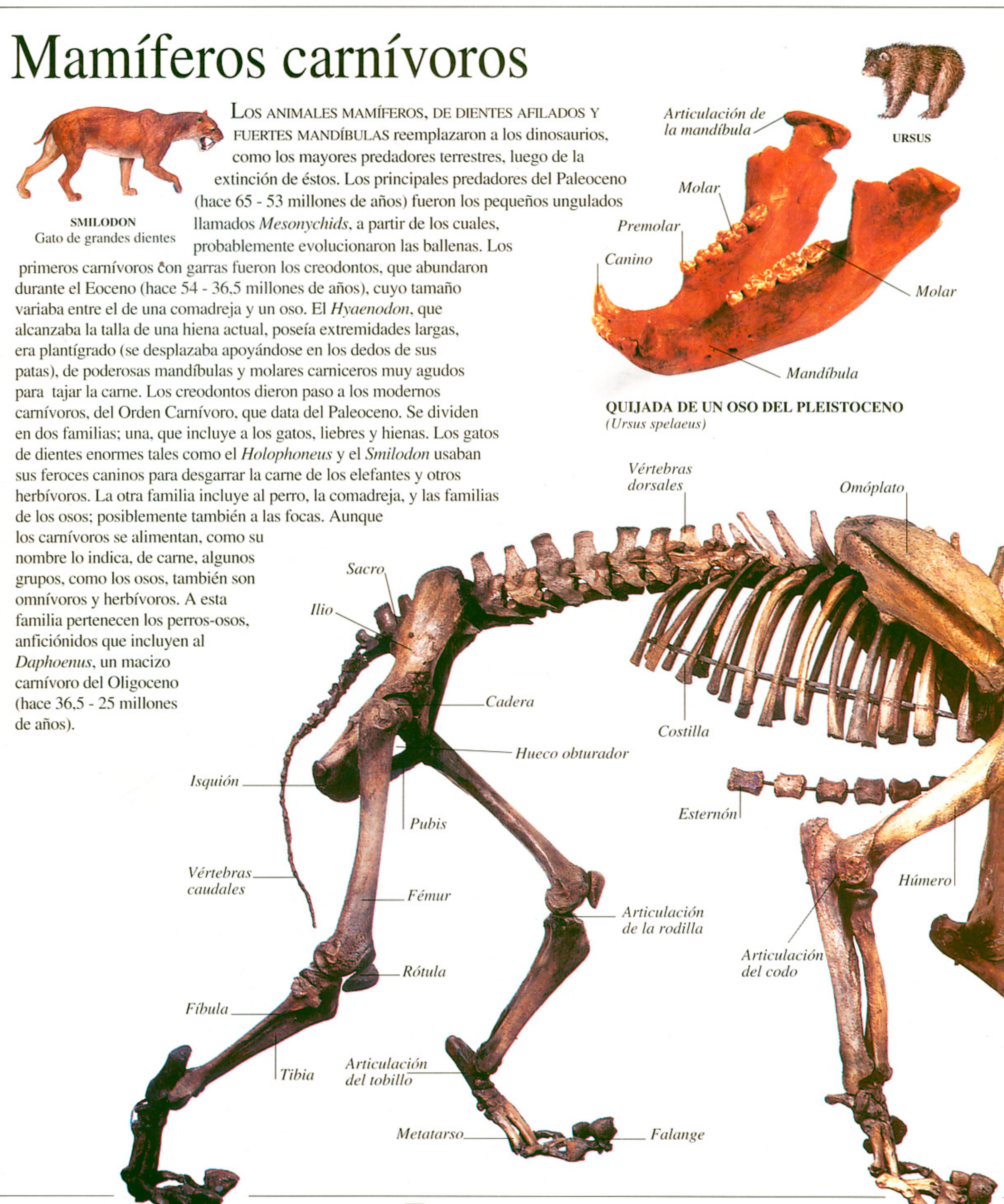
ORNITHORHYNCHUS SP.
Largo: 60 cm

Escudos hexagonales fuertemente unidos (placas acorazadas)
Vértebra cervical
Escudos hexagonales forman capucha cefálica
Arco cigomático
Órbita
Dientes sin esmalte, de crecimiento continuo
Gran mandíbula
Radio
Articulación de la muñeca
Ulna
Falange
Falange

MAQUETA DE FÓSIL EN POSTURA DE CAMINAR

Mamíferos carnívoros

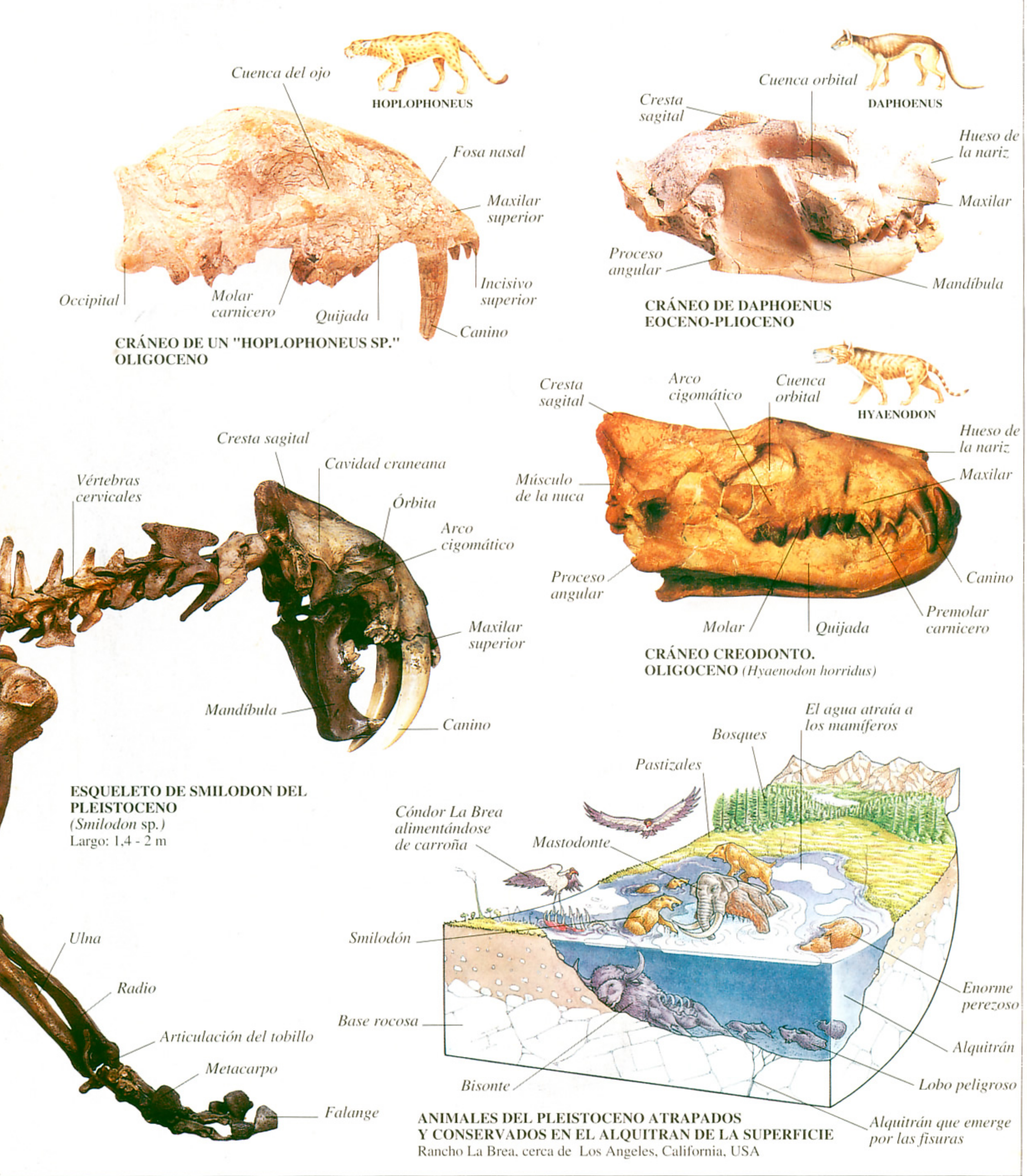
LOS ANIMALES MAMÍFEROS, DE DIENTES AFILADOS Y FUERTES MANDÍBULAS reemplazaron a los dinosaurios, como los mayores predadores terrestres, luego de la extinción de éstos. Los principales predadores del Paleoceno (hace 65 - 53 millones de años) fueron los pequeños ungulados llamados *Mesonychids*, a partir de los cuales, probablemente evolucionaron las ballenas. Los primeros carnívoros con garras fueron los creodontos, que abundaron durante el Eoceno (hace 54 - 36,5 millones de años), cuyo tamaño variaba entre el de una comadreja y un oso. El *Hyaenodon*, que alcanzaba la talla de una hiena actual, poseía extremidades largas, era plantígrado (se desplazaba apoyándose en los dedos de sus patas), de poderosas mandíbulas y molares carniceros muy agudos para tajar la carne. Los creodontos dieron paso a los modernos carnívoros, del Orden Carnívoro, que data del Paleoceno. Se dividen en dos familias; una, que incluye a los gatos, liebres y hienas. Los gatos de dientes enormes tales como el *Holophoneus* y el *Smilodon* usaban sus feroces caninos para desgarrar la carne de los elefantes y otros herbívoros. La otra familia incluye al perro, la comadreja, y las familias de los osos; posiblemente también a las focas. Aunque los carnívoros se alimentan, como su nombre lo indica, de carne, algunos grupos, como los osos, también son omnívoros y herbívoros. A esta familia pertenecen los perros-osos, anficiónidos que incluyen al *Daphoenus*, un macizo carnívoro del Oligoceno (hace 36,5 - 25 millones de años).



SMILODON
Gato de grandes dientes

URSUS

QUIJADA DE UN OSO DEL PLEISTOCENO
(Ursus spelaeus)



CRÁNEO DE UN "HOPLOPHONEUS SP." OLIGOCENO

CRÁNEO DE DAPHOENUS EOCENO-PLIOCENO

CRÁNEO CREODONTO. OLIGOCENO *(Hyaenodon horridus)*

ESQUELETO DE SMILODON DEL PLEISTOCENO
(Smilodon sp.)
Largo: 1,4 - 2 m

ANIMALES DEL PLEISTOCENO ATRAPADOS Y CONSERVADOS EN EL ALQUITRAN DE LA SUPERFICIE
Rancho La Brea, cerca de Los Angeles, California, USA

Mamíferos ungulados


HYRACOTHERIUM

LOS MAMÍFEROS UNGULADOS SON HERBIVOROS CUYOS ANCESTROS fueron unos animales pequeños de pie muy ligero, que arrancaban corriendo en puntillas de sus depredadores. Los ungulados desarrollaron largos huesos en sus extremidades tendiendo a perder el primer dedo externo y cambiando las garras por pezuñas anchas y fuertes para sustentar su gran peso. Surgieron dos grandes grupos: los perisodáctilos o ungulados de dedos impares, y los artiodáctilos, de dedos pares; ambos aparecieron durante el Eoceno (hace 53 - 36,5 millones de años). Un primer perisodáctilo, del tamaño de un zorro, fue el *Hyracotherium*, el primer caballo conocido. Durante el Oligoceno (hace 36,5 - 23 millones de años) los perisodáctilos alcanzaron enormes tallas: el *Brontotherium* medía 4 metros, y el enorme rinoceronte, sin cuerno, llamado *Paraceratherium* llegaba a pesar hasta 20 y posiblemente ha sido el mamífero terrestre más pesado. El rinoceronte *Coelodonta*, de 4 metros de largo, tenía un abrigo lanudo especialmente adaptado para sobrevivir las glaciaciones del Pleistoceno (hace 2 millones - 10.000 años). Los artiodáctilos evolucionaron en diversas variedades, los mamíferos del Oligoceno *Cainotherium* y el *Merycoidodon* fueron parientes lejanos del camello, el *Sivatherium* del Plioceno (hace 5,5 - 2 millones de años), similar a un alce, fue el primer pariente de la jirafa. El bisonte actual también se remonta al Plioceno. En Sudamérica, cuando ésta era una isla, hace unos 73 a 3 millones de años, se desarrollaron diversos grupos de mamíferos ungulados, incluyendo a los notoungulados. El último sobreviviente de éstos fue el Toxodon, del tamaño de un rinoceronte, que vivió durante el Pleistoceno.

ALGUNOS PERISODÁCTILOS

COELODONTA
Rinoceronte lanudo del Mioceno-Pleistoceno
Largo: 4 m

BRONTOTHERIUM
Oligoceno
Largo: 4 m

PARACERATHERIUM
Rinoceronte sin cuerno, del Oligoceno
Largo: 7 m

ESQUELETO DE UN NOTOUNGULADO DEL PLEISTOCENO
(Toxodon platensis)

Omóplato
Cresta sagital
Vértebra cervical
Cavidad craneana
Órbita
Arco cigomático
Hueso nasal
Fosa nasal
Incisivo superior
Incisivo inferior
Premolar inferior
Molar superior
Molar inferior
Mandíbula
Costilla cervical
Esternón
Articulación de la muñeca
Falanges

TOXODON
Notoungulado del Pleistoceno
Largo: 3 m

ARTIODÁCTILOS

Cavidad craneana
Órbita
Hueso nasal
Maxilar
Incisivo superior
Incisivo inferior
Premolar inferior
Molar inferior
Mandíbula
Región occipital
CAINOTHERIUM

CRÁNEO DE CAINOTHERIUM

Cuerno
Cavidad craneana
BISONTE
Hueso orbital
Hueso frontal

PARTE DEL CRÁNEO DE UN BISONTE

Vértebras dorsales
Costilla
Ilio
Fémur
Vértebra caudal
Rótula
Húmero
Fíbula
Tibia
Ulna
Articulación del tobillo
Huesos metatarsianos
Radio
Pata de tres dedos
Huesos metacarpianos

MERYCOIDODON
Cavidad craneana
Órbita
Cresta sagital
Arco cigomático
Maxilar
Región occipital
Incisivo
Cóndilo
Canino
Mandíbula
Proceso retroarticular

CRÁNEO DE MERYCOIDODON

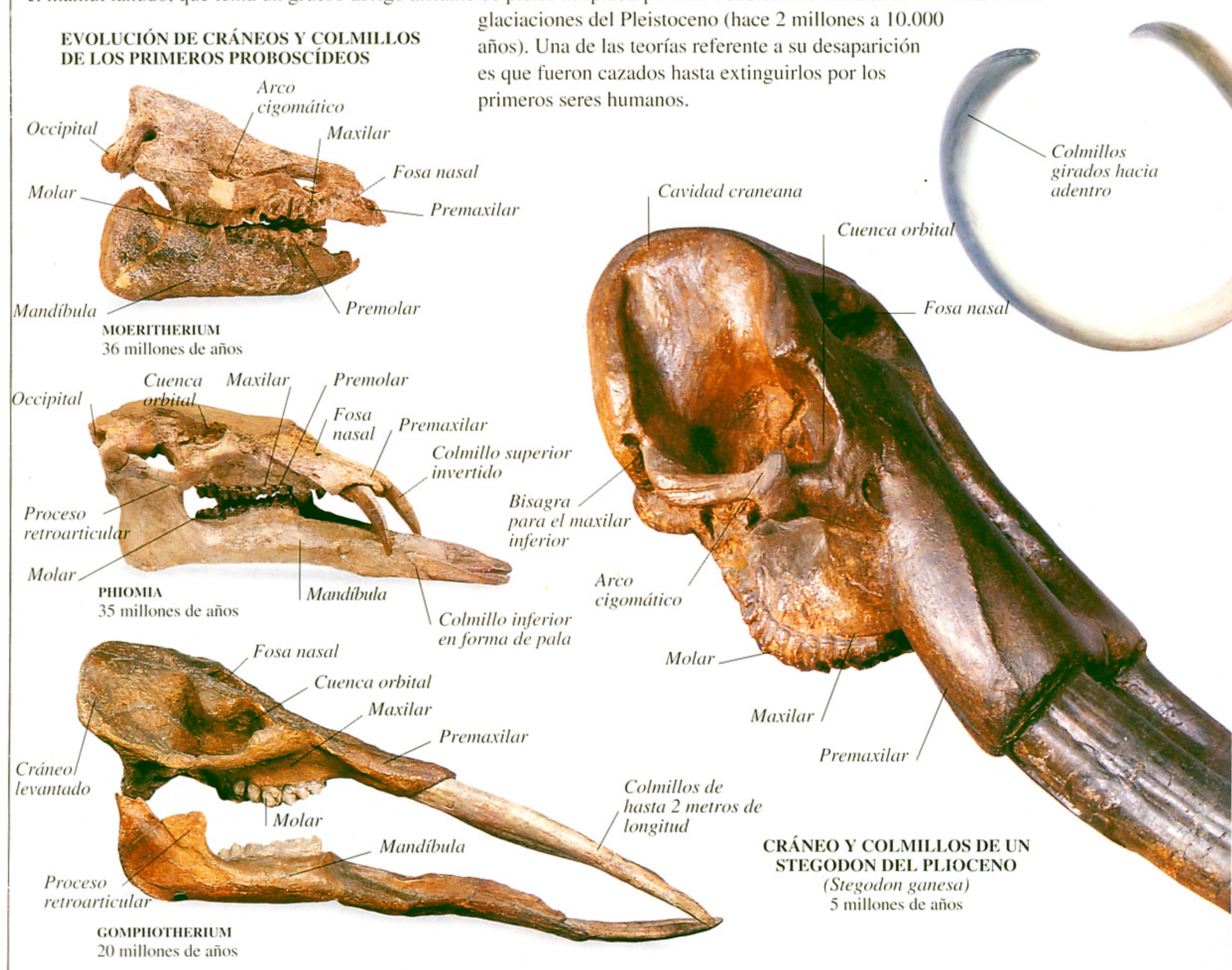
SIVATHERIUM
Pequeño cuerno
Protuberancia ósea frontal
Hueso nasal
Maxilar
Órbita

CRÁNEO DE SIVATHERIUM

Los elefantes y sus parientes

LAS DOS ESPECIES VIVAS DE ELEFANTES – el Africano y el Indio – son los únicos proboscídeos ("con trompa") que sobreviven en la actualidad, aunque fueron muy numerosos en la era Cenozoica. Uno de los primeros representantes de este grupo fue el *Moeritherium.* Éste era un herbívoro que habitó África durante el Oligoceno, tenía molares pequeños y colmillos rudimentarios, su labio superior se parecía a lo que posteriormente fue la trompa de los elefantes. Los incisivos se extendieron en largos colmillos, algunos de los proboscídeos, especialmente los mastodontes, tenían dos pares. El *Phiomia,* un mastodonte del Oligoceno, del tamaño de un caballo, tenía trompa pequeña, molares de grandes coronas, colmillos superiores pequeños y un par de colmillos con forma de pala en su mandíbula inferior. El *Gomphotherium* del Mioceno poseía colmillos arriba y abajo, de igual tamaño. Entre los proboscídeos posteriores, se encuentra el *Stegodon,* del Plioceno, un tipo de mamut de 7 metros de longitud, que poseía colmillos superiores, de tres metros de longitud, y de uno a tres enormes molares en cada mandíbula. Los elefantes fósiles más antiguos que se conocen datan de 5 millones de años y fueron encontrados en África. Los mamuts aparecieron antes, y uno de los más famosos elefantes, ya extinguido, es el mamut lanudo, que tenía un grueso abrigo aislante de pieles adaptado para las condiciones climáticas extremas de las glaciaciones del Pleistoceno (hace 2 millones a 10.000 años). Una de las teorías referente a su desaparición es que fueron cazados hasta extinguirlos por los primeros seres humanos.

EVOLUCIÓN DE CRÁNEOS Y COLMILLOS DE LOS PRIMEROS PROBOSCÍDEOS

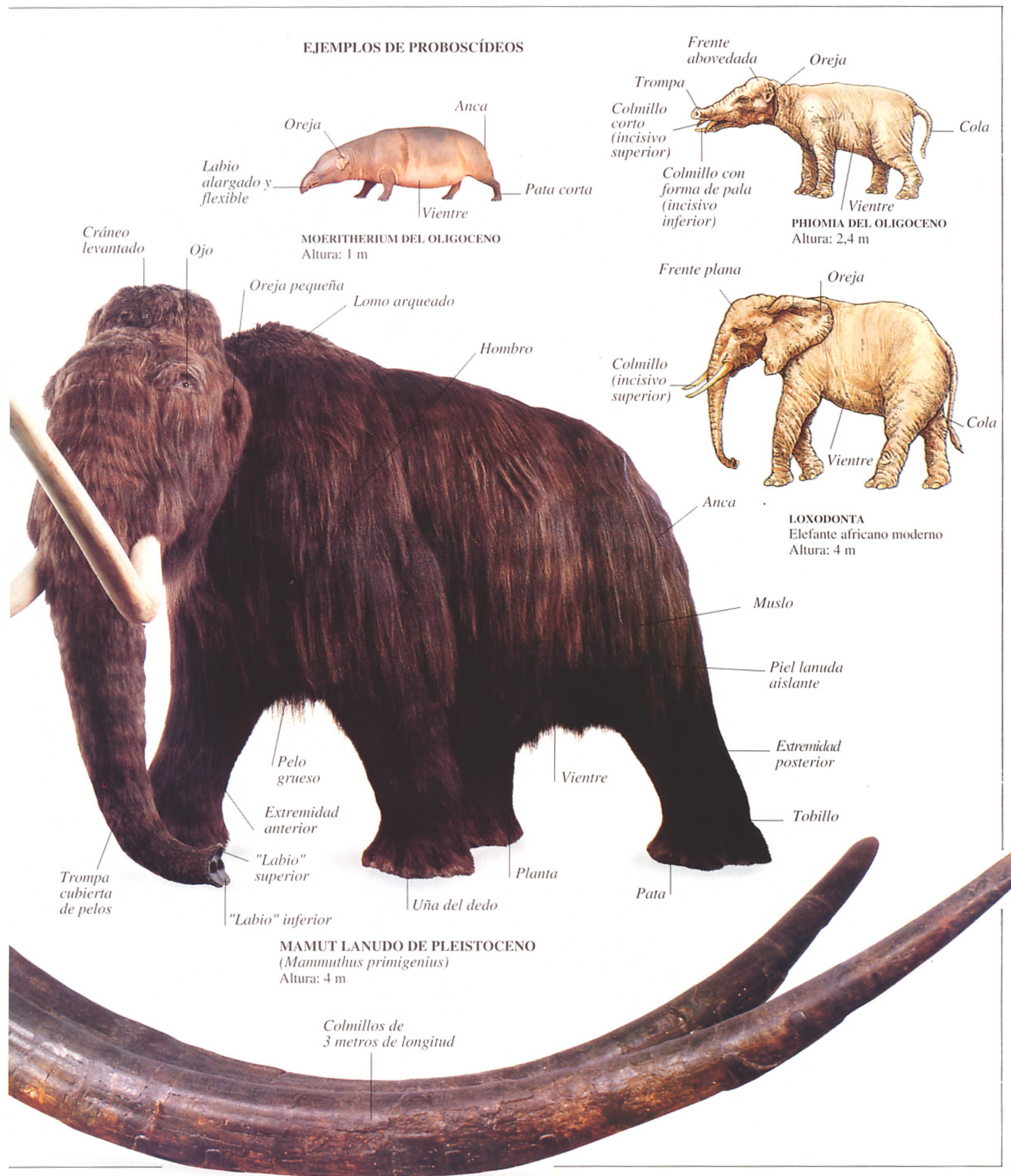


MOERITHERIUM
36 millones de años

PHIOMIA
35 millones de años

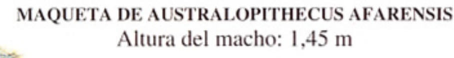
GOMPHOTHERIUM
20 millones de años

CRÁNEO Y COLMILLOS DE UN STEGODON DEL PLIOCENO
(Stegodon ganesa)
5 millones de años

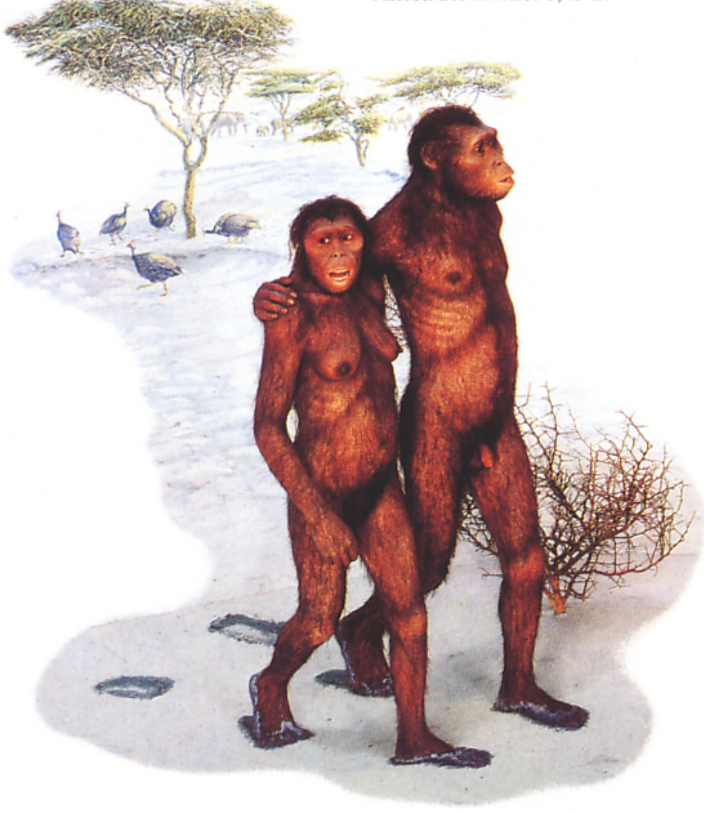

EJEMPLOS DE PROBOSCÍDEOS
Oreja
Anca
Labio alargado y flexible
Pata corta
Vientre
MOERITHERIUM DEL OLIGOCENO
Altura: 1 m
Frente abovedada
Oreja
Trompa
Colmillo corto (incisivo superior)
Cola
Colmillo con forma de pala (incisivo inferior)
Vientre
PHIOMIA DEL OLIGOCENO
Altura: 2,4 m
Cráneo levantado
Ojo
Oreja pequeña
Lomo arqueado
Hombro
Frente plana
Oreja
Colmillo (incisivo superior)
Cola
Vientre
Anca
LOXODONTA
Elefante africano moderno
Altura: 4 m
Muslo
Piel lanuda aislante
Pelo grueso
Extremidad posterior
Vientre
Extremidad anterior
Tobillo
"Labio" superior
Planta
Trompa cubierta de pelos
Pata
Uña del dedo
"Labio" inferior
MAMUT LANUDO DE PLEISTOCENO
(Mammuthus primigenius)
Altura: 4 m
Colmillos de 3 metros de longitud

Primates

El hombre, los monos, los micos y los prosimios son primates -animales ágiles adaptados para vivir en los árboles. Tanto los simios como los primeros monos surgieron a partir de criaturas tales como el *Aegyptopithecus*, que vivió en el Oligoceno Temprano, hace unos 36,5 millones de años. Durante el Mioceno Tardío, hace casi 6 millones de años, los primeros simios dieron origen a la familia Homínido, a la cual pertenece el Hombre. Los homínidos, cuyo género conocido más antiguo es el *Australopithecus*, fueron los primeros primates en caminar erguidos. El género *Homo* (humano) evolucionó durante el Plioceno (hace unos 2,5 millones de años). Sus primeros exponentes (*Homo rudolfensis* y *Homo habilis*) eran de menor estatura que el hombre actual y utilizaban toscos utensilios de piedra. El *Homo erectus* (hombre erguido) apareció hace unos 1,8 millones de años, y dio origen al *Homo sapiens* hace unos 500.000 años. Entre éstos se incluye al Hombre de Neanderthal y a los hombres modernos. El hombre neandertalense vivió hace 200.000 a 30.000 años, abarcando por lo menos dos de las glaciaciones del Plioceno. El hombre moderno se desarrolló en África hace unos 100.000 años. Colonizó gran parte del mundo con sus métodos avanzados de caza y llevó al Hombre de Neanderthal a la extinción hace unos 30.000 años.



MAQUETA DE AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS
Altura del macho: 1,45 m



HOMÍNIDO DEL PLIOCENO
(Australopithecus afarensis)
3,18 millones de años

Mandíbula inferior
Clavícula
Húmero
Húmero
Costilla
Articulación del codo
Radio
Vértebra dorsal
Pelvis femenina
Ulna
Sacro
Hueso de la muñeca
Fémur
Hueso de la muñeca
Hueso de la mano
Rótula
Tibia
Articulación de la rodilla
Fíbula
Tarso
Metatarso
Falange

AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS
ESQUELETO FEMENINO
Bautizado como "Lucy"

EVOLUCIÓN DE CRÁNEOS DE PRIMATES

MAQUETA DE HOMÍNIDO DEL PLEISTOCENO

(*Homo habilis*); altura: 1,5 m
2 - 1,5 millones de años



PRIMATE DEL OLIGOCENO TEMPRANO
(*Aegyptopithecus* sp.)
Hace 36,5 millones de años

HOMÍNIDO DEL PLIOCENO
(*Homo rudolfensis*)
2,3 millones de años

Frente
Parietal
Fosa orbital
Arco cigomático
Maxilar
Fosa nasal

HOMÍNIDO DEL PLEISTOCENO
(*Homo erectus*)
1,8 millón de años

Parietal
Frente
Fosa orbital
Arco cigomático
Maxilar
Fosa nasal
Fuertes dientes
Mandíbula

HOMÍNIDO DEL PLEISTOCENO
(*Homo sapiens neanderthalensis*)
100.000 años

ENTIERRO NEANDERTALENSE. ISRAEL

Maxilar inferior con dentadura
Falta el cráneo
Metacarpo
Falange
Costilla
Húmero
Radio
Ulna
Columna vertebral
Ilio
Sacro
Pubis
Isquión
Fémur

Cronograma: animales

Los primeros animales aparecieron en la Era Precámbrica, evolucionando a partir de los protistas de tipo animal (organismos unicelulares con núcleo). Durante el Eón Panerozoico (hace 550 millones de años) surgieron y se diseminaron los primeros grupos animales, algunos de ellos ya extinguidos. Actualmente son los insectos el grupo más diverso de animales y representan por lo menos tres cuartas partes de todas las especies vivientes. Sobrepasan con creces a los mamíferos, que son considerados el grupo animal dominante de los tiempos modernos. Este cronograma muestra alguno de los principales grupos de animales a través del tiempo geológico y su relación entre sí. Los colores de las franjas reflejan la abundante gama de animales en estos grupos. Los colores de las franjas corresponden a un filium, unidad de clasificación de animales. Los cambios abruptos, en que la franja se empequeñece considerablemente, muestra los procesos de extinción más importantes en la historia del Reino Animal, que sucedieron hacia fines de los períodos Pérmico y Cretácico. En cada uno de estos procesos, se extinguieron miles de animales.



CUATERNARIO
TERCIARIO
CRETÁCICO
JURÁSICO
TRIÁSICO
PÉRMICO
PENSILVÁNICO (NORTEAMÉRICA)
CARBONÍFERO
MISISÍPICO (NORTEAMÉRICA)
DEVÓNICO
SILÚRICO
ORDOVÍCICO
CÁMBRICO
PRECÁMBRICO

CORALES, ETC
ESPONJAS
MOLUSCOS BIVALVOS
BRIOZOARIOS
INSECTOS
MOLUSCOS CEFALÓPODOS
BRAQUIÓPODOS
EQUINODERMOS
ANÉLIDOS
CRUSTÁCEOS
MOLUSCOS GASTRÓPODOS
TRILOBITES

EJEMPLOS DE FORMAS DE VIDA EXTINGUIDAS









TRILOBITES
Tipo de artrópodo que habitó en mares poco profundos, desde el Período Cámbrico hasta el Período Pérmico.

GRAPTOLITO
Organismos marinos que formaban colonias, a veces en forma de espiral. Vivieron desde el Período Cámbrico hasta el Carbonífero.

PECES SIN MANDÍBULAS
Estos peces, junto a los 32 tipos de lampreas y peces diablo, desaparecieron hacia fines del Período Devónico.

ESCORPIÓN MARINO
Los escorpiones marinos fue un grupo de artrópodos, algunos alcanzaron la talla de un hombre; se extinguieron durante la Era Paleozoica.

HACE MILLONES DE AÑOS

0
2
65
144
208
248
286
320
360
408
438
505
550

LAGARTIJAS Y CULEBRAS
MAMÍFEROS
ANFIBIOS MODERNOS
PÁJAROS
PECES DE ALETAS RADIALES
CELACANTOS
TORTUGAS
PULMONADOS
ARCOSAURIOS (INCLUYENDO DINOSAURIOS)
REPTILES TIPO MAMÍFEROS
PECES CARTILAGINOSOS
TEMNOSPÓNDILOS
PECES DE ALETAS LOBULADAS EXTINGUIDOS
PLACODERMOS
PECES SIN MANDÍBULAS
GRAPTOLITOS

Cronograma: plantas

La historia del reino de las plantas comienza con las algas precámbricas y culmina en nuestros días con la gran difusión de las plantas con flores, después de haber sufrido una gran diversificación a mediados del Cretácico, hace unos 100 millones de años. Este cronograma muestra el cambiante esquema del mundo de las plantas, tanto en sus orígenes como en su extinción. El ancho de las franjas de color señala la importancia de cada grupo en la flora del mundo. La unidad básica de clasificación de las plantas es la división, y en general, cada color representa una división. La única excepción es el color único, que corresponde a las algas, en las cuales existen muchas divisiones. Las algas no están mostradas a escala porque muchos expertos no las consideran plantas, sino protistas (organismos unicelulares con núcleo), o bien colonias de protistas.



MILLONES DE AÑOS

CUATERNARIO 0 – 2
TERCIARIO 65
CRETÁCICO 144
JURÁSICO 208
TRIÁSICO 248
PÉRMICO 286
PENSILVÁNICO (NORTEAMÉRICA)
CARBONÍFERO 320
MISISÍPICO (NORTEAMÉRICA)
360
DEVÓNICO 408
SILÚRICO 438
ORDOVÍCICO 505
CÁMBRICO 550
PRECÁMBRICO

MUSGOS
ALGAS
PLANTAS CON FLOR
EQUISETO
CONÍFERAS
CICADÁCEAS
HEPÁTICA
CICAS
GINKGOS
CORDAITES
HELECHOS
LICOPODIO
HELECHOS DE SEMILLA
PROGIMNOSPERMAS
CLADODIOS
ZOSTEROFILIAS
COOKSONIA Y RHYNIOPHYTAS

Tierra



CH

D

E

F

G






Expreso

N

O

P

Q

R

Agradecimientos

Dorling Kindersley desea mostrar su agradecimiento a:
Dr. John Nudds, The Manchester Museum, Manchester; Dr. Alan Wooley y Dr. Andrew Clark, The Natural History Museum, Londres; Graham Bartlett, National Meteorological Library and Archive, Bracknell; Tony Drake, BP Exploration, Uxbridge; Jane Davies, Royal Society of Chemistry, Cambridge; Dr. Tony Waltham, Nottingham Trent University, Nottingham; Personal del Smithsoniam Institute, Washington; Personal del National Geographic Society, Washington; Personal de Edward Lawrence Associates (Export Ltd.), Midhurst; John Farndon; David Lambert.

Créditos de las ilustraciones:
BP Exploration 51c; Bruce Coleman Ltd/Andy Price 18siz; Robert Harding: cubierta, 16siz; Hutchison Picture Library 14ciz; Nature Photographers/Paul Sterry 38siz; SPL/Earth Satellite Corporation 40ciz, 45id; Simon Fraser 20siz; NASA 43sd, 52siz; David Parker 17iiz; Tom Van Sant 6siz, 8-9c, 19sd, 33sd, 48-49c; Floor of the Oceans, por Bruce C. Heezen y Marie Tharp 1975. © Marie Tharp 1980. Reproducido con el permiso de Marie Tharp, 1 Washington Ave, South Nyack, NY 10960, USA 13sd; G. Steenmans 44siz; Tony Stone Worldwide 32siz; Zefa/Janicek: cubierta, 28siz.

(s=superior, c=centro, i=inferior, iz=izquierda, d=derecha)

Ilustradores:
Christine Rista, Catherine O'Rourke, Anna Lord.

Ayuda adicional en la edición:
Emily Hill, Cathy Rubinstein.

Ayuda adicional en el diseño:
Sue Knight.

Índice:
Kay Wright.



Universo


Expreso

Agradecimientos

Dorling Kindersley desea expresar su agradecimiento a:
John Becklake; al memorial Museum of Cosmonautics, Moscú; al Cosmos Pavillion, Moscú; al U.S. Space and Rocket Center, Alabama; al Broadhurst, Clarkson & Fuller Ltd

A Susannah Massey (coordinadora y traductora) y a Tatyana Alekseyevna, técnica y experta en Cosmonautics

Documentación gráfica:
Catherine O'Rourke, Anna Lord

Créditos de las ilustraciones:
The Planetarium, Armagh/Anglo-Australian Telescope Board 67csd, 67ciz, 67ciiz, 68sd, 68i, 69siz, 70siz, 72i, 73s, 73iiz, 78siz; D. Malin 72siz, 82sd, 83siz; ESA/PLV 67iiz; NASA/JPL 65cd, 67id, 86s, 86iiz, 86id, 87iiz, 90s, 96siz, 96cd, 100cd, 102cdi, 104sd, 106ic, 108cd, 115ic, 115iiz; NASA 100siz; Royal Observatory, Edinburgh/D. Malin 67siz, 67cd, 68c, 72ciz, 72cd, 73id; Tom Van Sant/Geosphere Project, Santa Monica/Science Photo Library 94 ciz, 94cd; Duncan Brown 8l, 112i; Geoff Dann 65li; Jet Propulsion Laboratory 67cid, 86ic, 87ic, 87idc, 94siz, 98cdi, 100ci, 100cid, 100ic, 100id, 102siz, 102cd, 102ci, 102ic, 102id, 106siz, 106cds, 106ciz, 106c, 106cd,106id, 111sd, 111cd, 112siz, 114siz; The Lund Observatory 71i; National Optical Astro Observatory 108sd; Science Photo Library 66iiz, 84s; Jodrell Bank 62cd, 67sd, 69c; Hale Observatories 88id; Dr. William C. Keel 69id; Denis Milon 108iiz; NASA 67ciz, 68siz, 71sd, 87id, 88s, 90cd, 91siz, 92siz, 92cd, 92ciz, 92i, 98cd, 98id, 108siz; NASA/AUI 69sd; Novosti Press Agency 98ic; David Parker 110siz; Max Planck Institute for Radio Astronomy 71siz; Rev. Ronald Royer 88cd; US Geological Survey/Science Photo Library 3, 86icd, 98siz, 98iiz; Floor of the Oceans, by Bruce C. Heezen and Marie Tharp 1975. © Marie Tharp 1980. Reproduced by permission of Marie Tharp, 1 Washington Ave, South Nyack, NY 10960, USA 94i. **Cubierta:** The Planetarium, Armagh/Anglo-Australian Telescope Board; NASA/JPL; Jet Propulsion Laboratory; Science Photo Library/NASA; Max Planck Institute for Radio Astronomy; US Geological Survey

(s=superior, c=centro, i=inferior, iz=izquierda, d=derecha)

Vida Prehistórica

Agradecimientos

Dorling Kindersley desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas por la asesoría y asistencia editorial prestada:
Madelaine Harley, fósiles de polen 136-141; Marie Kurmann, fósiles de esporas y polen de gimnospermas 136-139; Darrin Dooling, fotografías de *Equisetum giganteum* 136, *Pronephrium* 137, y conos de cicadáceas 139; Alan Hemsley, plantas 126-141 y cronograma de plantas 178; Pat Hendersen, Else Marie Friis y Joseph Thompson, plantas con flores 140-141; Sue Rigby, graptolitos 142; Douglas Palmer, graptolitos y corales 142-143 y cronograma animales 176-177; Jenny Clack, anfibios 152-153, investigación en la maqueta de *Acanthostega gunnari* 153, y por su ayuda junto a Elisabeth Hide en el cronograma animales 176-177; Michael Coates, por su asesoría en la clasificación e investigación en la maqueta del *Acanthostega* 153; Richard Hammond, por artes y asesoría *Euparkeria capensis* 158-159 y a Colin Harris, asesoría en pájaros 164-165.

Dorling Kindersley agradece también a quienes facilitaron o fabricaron las maquetas mostradas aquí.
Roby Braun: *Carnotauruš sastrei* 121, 160-161; John Holmes: *Hyracotherium* 125, 169, *Westlothiana lizziae* 123, 154, y *Euoplocephalus tutus* 162-163; Richard Hammond y University Museum, Oxford: *Acanthostega gunnari* 153; Royal Scottish Museum: *Aglaophyton* 136; Natural History Museum, London: *Cothurnocystis eliziae* 146, *Archaeopteryx* 164, y *Smilodon* 168; y al Royal British Columbia Museum, Victoria, Canada: mamut lanudo 172-173.

Modelo de estrella de mar, p. 147, por Somso-Modelle, Coburg, Alemania.

Agencias de fotografías y personas quienes facilitaron las fotografías para este título:
(Abreviaturas s = superior i = inferior iz = izquierda d = derecha c = centro)

Department of Library Services, American Museum of Natural History/D. Finnin/C. Chesek (negativo Nº 4936/3) 174iiz; Cleveland Museum of Natural History 149id; Simon Conway Morris 142siz; Else Marie Friis 140sd, cd, iiz, 141ic; David George 143sd; Pat Herendeen 140iiz, ic, id, 141ciz, iiz; Andrew H. Knoll 128sd, 129ic,id; Ligabue Studies and Research Centre Archive, Venice 162iiz; Natural History Museum, London 164iiz, 166-167i, 168i; OSF/G. I Bernard 148siz; Douglas Palmer 142id; Sue Rigby 142iiz, 142ic; Royal Botanic Gardens, Kew 136cd, 137ciz, cizi, 138id, ic, 139iiz, ic, 141c; Science Photo Library/ Walter Alvarez 126iiz, Jeremy Burgess 140siz; Thomas N. Taylor 137siz; and Joseph R. Thomasson 141siz.

Museos que han permitido a Dorling Kindersley tomar fotografías:
University Museum, Oxford; Hunterian Museum, Glasgow University; Natural History Museum, London; Royal Scottish Museum, Edinburgh; Yorkshire Museum; Queensland Museum, South Brisbane; Royal British Columbia Museum, Victoria; Royal Tyrrell Museum of Paleontology, Alberta; Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt; and Institut und Museum für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen; el cráneo de *Acanthostega gunnari*, p. 153, fue fotografiado en el Museo de Zoología de Cambridge, en préstamo por el Museo Geológico de Copenhaguen.

Fotógrafos de Dorling Kindersley:
Andy Crawford, Steve Gorton y Sarah Ashun.

Ilustraciones adicionales:
Selwyn Hutchinson, Alison Ellis, Mei Lim, Alex Pang e Ingegerd Svensson (los ilustradores principales están mencionados en forma separada al inicio de la obra).

